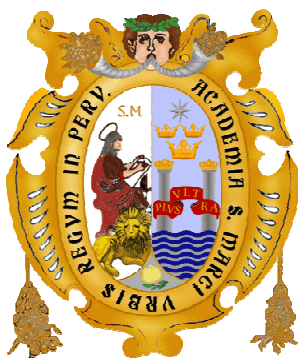


**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELÉCTRICA**



**Proyecto de tesis para optar el título profesional de Ingeniero
Electricista**

**Metodología para el cálculo de factores de
simultaneidad y demanda**

AUTORA

Fiorella Blanca Robles Alvarado

ASESORES

Ing. Carlos Jo Miranda

Ing. Jorge Jáuregui Ponce

Lima – Perú

2007

Dedico esta obra a mi abuelita Mama Blanca que con su alegría y jovialidad me enseñó a jamás rendirse a mirar siempre hacia adelante y ahora guía mis pasos desde el cielo.

INDICE DE CONTENIDO

METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE FACTORES DE SIMULTANEIDAD Y DEMANDA

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Resumen	1
1.2	Objetivos	2
1.3	Hipótesis	2
1.4	Antecedentes	2
1.5	Importancia	3
II.	ANÁLISIS DE LA NORMATIVA NACIONAL E INTERNACIONAL	4
2.1.	Normativa Nacional e Internacional	4
2.1.1.	Aspectos Generales	4
2.1.2.	Marco Conceptual	4
2.1.3.	Normativa Nacional	8
2.1.4.	Normativa Internacional	23
2.1.5.	NORMA IEC 60439	34
2.1.6.	Cuadro comparativo de los factores de simultaneidad en el marco normativo nacional e internacional	37
2.2.	Calculo de la Demanda Máxima aplicando los criterios establecidos en el Código Nacional de Electricidad (CNE) Utilización frente a la norma española.	39
2.3.	Conclusiones	41
III.	METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE LOS FACTORES DE SIMULTANEIDAD Y FACTORES DE DEMANDA	42
3.0	Resumen	42
3.1	Selección de Sistemas Eléctricos (S.E.) representativos	48

3.2	Selección de Unidades Geográficas de Nivel 1 (Distritos o localidades) dentro del Sistema Eléctrico seleccionado-----	52
3.3	Selección de Unidades Geográficas de Nivel 2 (Subestaciones de Distribución) dentro de la Unidad Geográfica de Nivel 1 -----	54
3.3.1	Selección de muestra representativa de UG2 (SED)	55
3.3.2	Determinación de Demanda Máxima por SED	56
3.3.3	Determinación de la Demanda Máxima de Clientes por SED	57
3.4	Determinación de Factores para el Sistema de Distribución-----	58
3.5	Determinación de Factores para el Sistema de Utilización para cada Cliente de una Muestra Representativa -----	61
3.6	Determinación de Factores para el Sistema de Utilización -----	65
IV.	DESARROLLO APLICATIVO DE LA METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE LOS FACTORES DE SIMULTANEIDAD Y FACTORES DE DEMANDA -----	66
4.1	Calculo del factor de simultaneidad-----	66
4.1.1	Alcances	66
4.1.2	Selección de Unidades Geográficas de Nivel 1 (Distritos)	66
4.1.3	Selección de Unidades Geográficas de Nivel 2 (Subestaciones de Distribución	67
4.1.4	Metodo estadistico para la determinación de muestras representativas en las instalaciones de baja tensión	67
4.1.5	Selección de la muestra representativa de Subestaciones de Distribución	74
4.1.6	Calculo del factor de simultaneidad.....	74
4.2	Calculo del factor de demanda-----	75
4.2.1.	Determinación de Factores para el Sistema de Utilización para cada Cliente de una Muestra Representativa	75
4.2.2.	Determinación de Factores para el Sistema de Utilización	81
4.2.3.	Vivienda Modelo para la Determinación de Valores Iniciales de los Factores de Demanda	81

4.2.4.	Carga Conectada para la Vivienda Modelo	81
4.2.5.	Demanda Máximas Eléctricas de las Cargas Conectadas.....	84
V.	DETERMINACION DE LOS VALORES INICIALES DE LOS FACTORES DE SIMULTANEIDAD Y DEMANDA-----	87
5.1.	Determinación de valores iniciales de factor de simultaneidad-----	87
5.1.1.	Información Disponible para la Determinación de valores iniciales del Factor de simultaneidad	87
5.1.2.	Procedimiento para la determinación de los valores iniciales	87
5.1.3.	Conclusiones sobre los valores iniciales del factor de simultaneidad	93
5.2.	Determinación de valores iniciales de factor de demanda Residencial -----	93
5.2.1.	Demanda Máximas Eléctricas de las Cargas Instaladas.....	93
5.2.2.	Propuesta de valores iniciales de Factores de Demanda.....	94
5.2.3.	Conclusiones de valores iniciales de factor de demanda	96
5.3.	Determinación de valores iniciales de factor de demanda Comercial -----	97
5.3.1.	Composición del Sector Comercial.....	97
5.3.2.	Caso Oficina Empresarial	97
5.3.3.	Conclusión de Valor Inicial de Factor de Demanda Comercial.....	99
VI.	MEDICIONES DE CAMPO EFECTUADAS-----	100
6.1.	Descripción del equipo usado -----	100
6.2.	Resultados -----	100
6.1.1.	Registros obtenidos	100
6.1.2.	Diagrama de carga de Subestaciones de Distribución	102
6.1.3.	Diagrama de carga del alimentador principal de clientes	105
6.1.4.	Diagrama de carga de los circuitos derivados	109
6.3.	Análisis de resultados -----	109

VII. ESTUDIO DEL CASO ESPECIAL: VIVIENDAS MULTIFAMILIARES-----	111
7.1. Introducción -----	111
7.2. Normativa Existente-----	111
7.3. Enfoque Conceptual -----	112
7.4. Análisis -----	112
7.5. Conclusiones -----	120
7.6. Recomendaciones-----	120
VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES-----	121

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Sistemas de utilización -----	37
Tabla 2: Sistemas de distribución -----	38
Tabla 3: Demanda Máxima -----	39
Tabla 4: Maxima Demanda (Eliminado la Carga de Cocina Electrica) -----	40
Tabla 5: Resumen de sistemas eléctricos-----	49
Tabla 6: Indicador Ic ponderado por cliente por cada sector de distribución típico-----	50
Tabla 7: Rangos de consumo -----	51
Tabla 8: Sistemas seleccionados-----	52
Tabla 9: Agrupación de UG1 -----	53
Tabla 10: Niveles de consumo y Ic Promedio -----	54
Tabla 11: Unidades Geográficas UG1 Seleccionadas -----	54
Tabla 12: Formato de Información de las mediciones -----	58
Tabla 13: Factores de simultaneidad por rango consumo, de clientes y su zonificación --	60
Tabla 14: Factores de simultaneidad por rango de clientes -----	61
Tabla 15: Formato de información de los clientes seleccionados-----	62
Tabla 16: Distritos seleccionados -----	66
Tabla 17: SED por distrito -----	68
Tabla 18 : Clasificación de acuerdo a la zonificación -----	68
Tabla 19: Rangos de consumo-----	69
Tabla 20: Rangos por número de clientes -----	69
Tabla 21: Población total de SED a evaluar -----	70
Tabla 22: Distribución de muestra de subestaciones por zonificación-----	72
Tabla 23: Muestra seleccionada por SED-----	73
Tabla 24: Resumen de información de clientes seleccionados-----	77
Tabla 25: Resumen de Información de cargas conectadas según encuesta -----	79
Tabla 26: Factores de demanda obtenidos -----	80
Tabla 27: Datos estadísticos de equipamiento de lo hogares -----	82
Tabla 28: Numero de lámparas por área -----	83
Tabla 29: Equipamiento Básico -----	84
Tabla 30: Equipamiento especial -----	84
Tabla 31: Demanda máxima para la carga básica por vivienda-----	85
Tabla 32: Demanda Máxima para cargas especiales por vivienda -----	86
Tabla 33: Horas uso por zonificación-----	90
Tabla 34: Factores de simultaneidad por distrito, rango de clientes y zonificación-----	91
Tabla 35: Factores de simultaneidad (Rango 11-500) -----	92
Tabla 36: Factores de simultaneidad (Rango 1-10) -----	92
Tabla 37: Máxima demanda de cargas especiales por vivienda -----	94
Tabla 38: Factores de simultaneidad propuestos -----	123

INDICE DE ANEXOS

Anexo A.....	124
Anexo B.....	126
Anexo C.....	135
Anexo D.....	142
Anexo E.....	144
Anexo F.....	147
Anexo G.....	161
Anexo H.....	165
Anexo I.....	176
Anexo J.....	195
Anexo K.....	197
Anexo L.....	199
Anexo M.....	226

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Resumen

Con el propósito de obtener una metodología correcta así como los valores iniciales se deberá recopilar, analizar y evaluar la información relacionada con los factores de simultaneidad y demanda, tanto de las instalaciones eléctricas de utilización, así como los de suministro.

Así mismo se deberán efectuar mediciones muestrales de campo, mediante toma de registros diarios en las instalaciones eléctricas del sistema de distribución (suministro) y del sistema de utilización de acuerdo a la muestra establecida en el Estudio Estadístico, estas mediciones se realizarán con el Equipo "POWER HARMONICS ANALYSER" modelo MI 2092 de marca Metrel.

La muestra de Nivel Unidad Geográfica 1 se establecerá en base a los criterios de selección dentro de la selección del Sistema Eléctrico representativo, la muestra de Nivel Unidad Geográfica 2 será establecidos a través de la estadística, pero también de forma gráfica usando el programa MAPINFO para poder obtener la información gráfica de la ubicación de las subestaciones a medir y así tener la seguridad que pertenezcan a una zonificación dada, los mapas de la zonificación serán digitalizados en este mismo software, los planos de zonificación urbana se obtienen del Instituto Metropolitano.

Los diagramas de carga elaborados por cada zonificación urbana, se construyen en base a la medición muestral con el Equipo Analizador que se instalara en diversos domicilios que se ubiquen dentro de la zona de muestra y la zonificación respectiva durante un periodo de 24 horas y tomando registros cada 15 minutos de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.

Con esta información se establecerá la metodología más adecuada para el cálculo y actualización de estos factores tal como se detalla en los capítulos siguientes.

1.2 Objetivos

El objetivo del presente trabajo es proponer metodologías y valores para la determinación de los factores de simultaneidad y demanda, para la optimización de las instalaciones eléctricas de suministro (Sistemas de distribución) y para las instalaciones eléctricas de utilización (Instalaciones internas), en base a registros maestres.

1.3 Hipótesis

- a) De acuerdo al Nuevo Código Nacional de Electricidad Utilización, aprobado por R.M N° 366 - 2001 – EM/VME (2001-08-06), en la sección 050 Cargas de circuito y factores de demanda, se presentan algunos valores de los factores de simultaneidad y demanda pero no se muestra la metodología para el cálculo de estos valores.
- b) Si se tuviera una metodología para el cálculo del factor de simultaneidad y demanda nos permitirá realizar la constante para poder ajustar los nuevos diseños correctamente a las realidades de nuestro país y la ubicación del proyecto a realizarse.

1.4 Antecedentes

En el año 1982 entro en Vigencia el TOMO V del Código Nacional de Electricidad. Aprobado por R.M N° 139 – 82 - EM/DGE el cual establece factores de simultaneidad de 0,5 para residencias y 1 para cargas especiales, más no muestra ningún método de cálculo.

El año 2001 es aprobado el Código Nacional de Electricidad - Suministro - Aprobado por R.M N° 366 – 2001 - EM/VME, que tampoco nos muestra esta información.

El Nuevo Código Nacional de Electricidad – Utilización. Aprobado con Resolución Ministerial N° 037 – 2006 – MEM/DM, que si bien presenta una serie de reglas para poder utilizar estos factores no presenta el método de cálculo.

1.5 Importancia

Este trabajo tiene su mayor importancia en proponer una metodología de carácter informativo y aplicativo para los nuevos diseños de sistemas de suministro y utilización, de modo que cuando se realicen los diseños se pueda tener en un manos la opción de calcular por si mismo los factores de dimensionamiento, así como dar herramientas para la actualización de estos valores en las normas que rigen los sistemas eléctricos en nuestro país, en base a mediciones en diversos lugares de modo que sea una actualización descentralizada y cíclica.

II. ANALISIS DE LA NORMATIVA NACIONAL E INTERNACIONAL

2.1. Normativa Nacional e Internacional

2.1.1. Aspectos Generales

La determinación de la Demanda Máxima para el dimensionamiento de las instalaciones (conductores, soportes, equipos de transformación, equipos de protección y maniobra) es un aspecto que afecta significativamente las posibilidades de desarrollo eléctrico, debido a que inciden directamente al costo de la electrificación de las poblaciones, tanto en los sistemas de distribución como en los sistemas de utilización. Los factores de simultaneidad y demanda, igualmente contribuyen a definir la Demanda Máxima utilizada para dimensionar las instalaciones de ambos sistemas y por tanto inciden en las inversiones.

Consecuentemente, la utilización de valores de Demanda Máxima (Calificación Eléctrica) y de los diversos factores determinados correctamente, permiten un dimensionamiento más adecuado y por tanto un nivel de inversiones para la dotación del Servicio Eléctrico optimizado a los requerimientos de las poblaciones, de acuerdo a los niveles de demanda que presenten éstas.

Como un marco general, se presentará una visión general de la normativa relacionada con los factores de simultaneidad y el factor de demanda.

2.1.2. Marco Conceptual

Los conceptos o definiciones que se indican a continuación han sido tomados de la Norma DGE – Terminología en Electricidad.

a) Demanda Máxima

“Valor maximo de la carga durante un periodo de tiempo dado, por ejemplo, un dia, un mes, un año” (DGE – Terminología en Electricidad, Seccion 23, pag.16).

b) Factor de simultaneidad

“Relación, expresada como un valor numérico o como un porcentaje, de la potencia simultánea máxima de un grupo de artefactos eléctricos o clientes durante un período determinado; y la suma de sus potencias individuales máximas durante el mismo período.”

Nota:

Al utilizar este término es necesario especificar a qué nivel de la red se está haciendo referencia. (DGE – Terminología en Electricidad, Seccion 88, pag.91).

c) Factor de diversidad

“Recíproca del factor de simultaneidad.” (DGE – Terminología en Electricidad, Seccion 88, pag.91).

Sistema de Distribución Típico

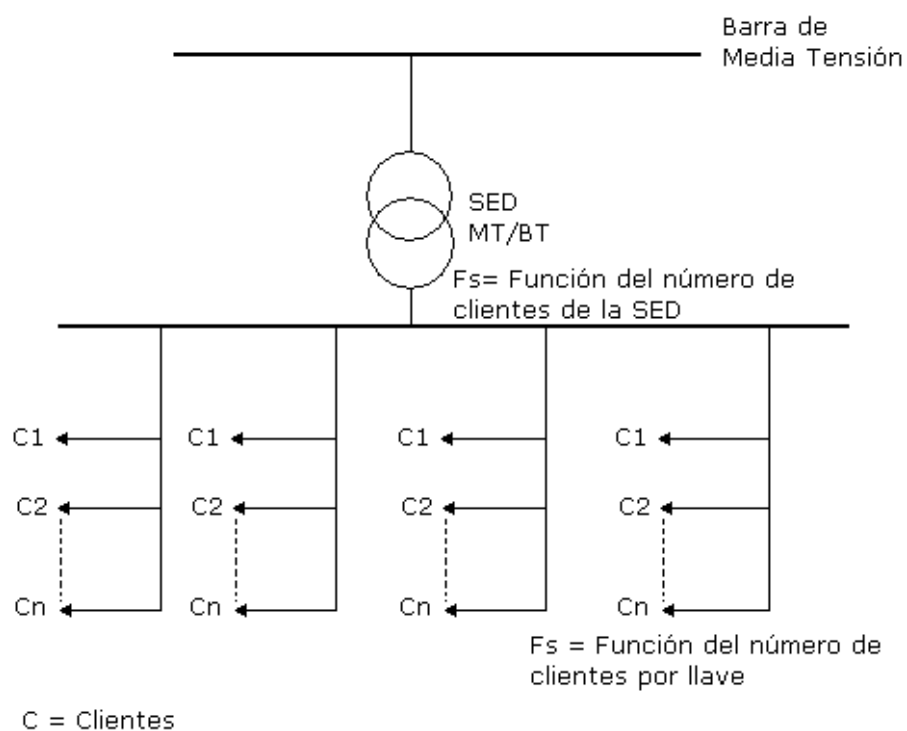


Figura 1: Sistema de distribución - Esquemático

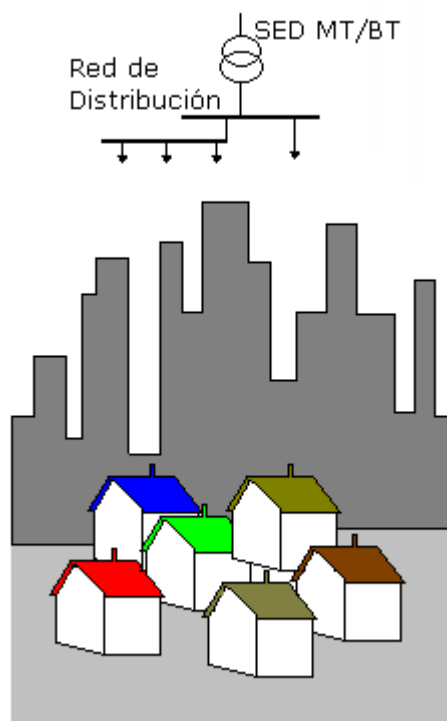


Figura 2: Sistema de distribución – Redes domiciliarias

d) Factor de demanda o Factor de carga

“Relación, expresada como un valor numérico o como un porcentaje, de la potencia máxima de una instalación o grupo de instalaciones durante un período determinado, y la carga total instalada de la (s) instalación(es).”

Nota:

Al utilizar este término, es necesario especificar a qué nivel de la red se está haciendo referencia. (DGE – Terminología en Electricidad, Sección 88, pag.91).

Sistema de Utilización Típico

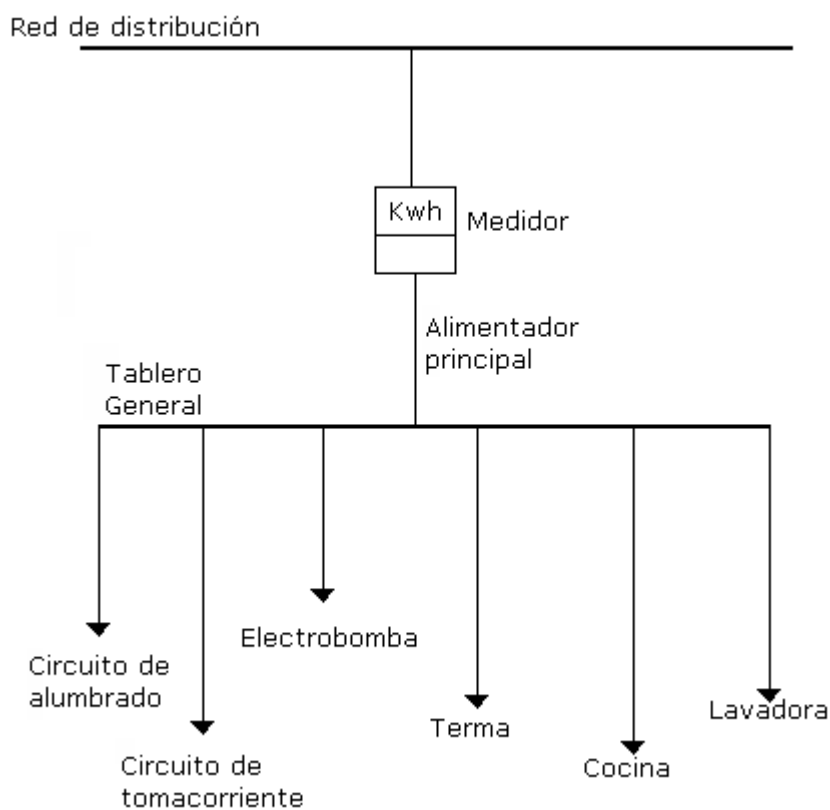


Figura 3: Sistema de utilización – Esquematización

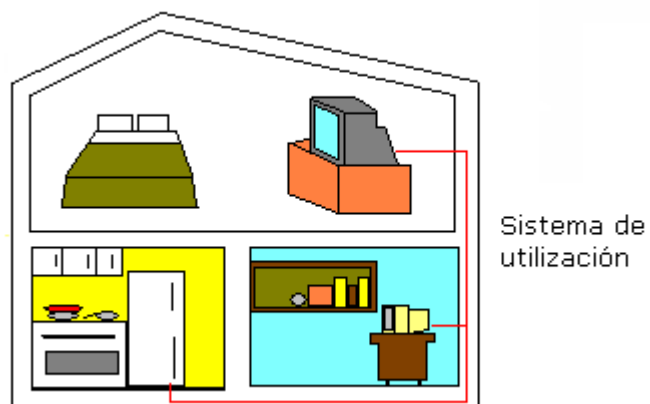


Figura 4: Sistema de utilización – Sistema interno domiciliario

Conclusiones sobre los conceptos

Con el fin de estandarizar las definiciones de acuerdo a la Norma DGE – Terminología en Electricidad; se usaran los siguientes factores:

- Factor de simultaneidad, referido al Sistema de distribución
- Factor de demanda, referido al Sistema de utilización

2.1.3. Normativa Nacional

- **Código Nacional de Electricidad - Utilización**

El Código Nacional de Electricidad Utilización trata los factores de demanda principalmente en la Sección 050, tal como se muestra a continuación.

SECCIÓN 050

CARGAS DE CIRCUITOS Y FACTORES DE DEMANDA

050-000 Alcance

Esta Sección cubre:

- (a) La capacidad de conducción de los conductores y la capacidad nominal de los equipos, requeridos en las conexiones, acometidas, alimentadores y los circuitos derivados en las instalaciones del usuario.
- (b) El espacio mínimo requerido para los circuitos derivados en los tableros de distribución para las unidades de vivienda.
- (c) La cantidad de ramales principales y circuitos derivados en unidades de vivienda.

Nota:

Para establecer las demandas máximas que como mínimo se deben considerar en la elaboración de los proyectos de sistemas de distribución, se debe tomar en cuenta la Norma DGE “Calificación eléctrica para la elaboración de proyectos de subsistemas de distribución secundaria”.

050-002 Terminología Especial

En esta Sección se aplica la siguiente definición:

Ramal Principal: Designa a cada uno de los dos circuitos que se derivan desde un mismo interruptor, que sirve como medio de control y protección para ambos simultáneamente.

Generalidades

050-100 Cálculo de Corrientes

En el cálculo de corrientes que resulten de cargas expresadas en watts o volt-amperes, alimentadas por sistemas de corriente alterna de baja tensión, se deben emplear las tensiones nominales de 220 V o 380 V, según corresponda, o cualquier otra tensión nominal dentro del rango de baja tensión de 1 000 V o menos, que sea aplicable.

050- 102 Caída de Tensión

- (1) Los conductores de los alimentadores deben ser dimensionados para que:
 - (a) La caída de tensión no sea mayor del 2,5%; y
 - (b) La caída de tensión total máxima en el alimentador y los circuitos derivados hasta la salida o punto de utilización más alejado, no exceda del 4%.
- (2) Los conductores de los circuitos derivados deben ser dimensionados para que:
 - (a) La caída de tensión no sea mayor del 2,5%; y
 - (b) La caída de tensión total máxima en el alimentador y los circuitos derivados hasta la salida o punto de utilización más alejado, no exceda del 4%.
- (3) En la aplicación de la Subregla (1) anterior se debe emplear la carga conectada al circuito derivado, si ésta es conocida; en caso contrario, el 80% de la menor capacidad nominal de régimen de los dispositivos de protección del circuito derivado contra sobrecarga o sobrecorriente.

050-104 Carga Máxima de Circuitos

- (1) La corriente nominal de una acometida, alimentador o circuito derivado debe ser la que resulte menor entre la capacidad nominal del dispositivo de protección contra sobrecorrientes del circuito y la capacidad nominal de los conductores.
- (2) La carga calculada para un circuito no debe exceder a la corriente nominal del circuito.
- (3) La carga calculada para una acometida, alimentador o circuito derivado debe ser considerada como una carga continua, a menos que pueda demostrarse que tal valor no persistirá por más de:
 - (a) Un total de una hora en períodos de dos horas, si la corriente no excede de 225 A;
 - o

(b) Un total de tres horas en períodos de seis horas, si la corriente es mayor que 225 A.

(4) Cuando la caja de conexión, el interruptor con fusibles, el interruptor automático o el tablero estén marcados para una operación continua al 100% de la corriente nominal del dispositivo de sobrecorriente, la carga continua calculada no debe exceder de:

(a) El 100% de la corriente nominal del circuito si la capacidad de los conductores está basada en la Tabla 2;

(b) El 85% de la corriente nominal del circuito si la capacidad de los conductores está basada en la Tabla 1.

(5) Cuando la caja de conexión, el interruptor con fusibles, el interruptor automático o el tablero estén marcados para una operación continua al 80% de la corriente nominal del dispositivo de sobrecorriente, la carga continua calculada no debe exceder de:

(a) El 80% de la corriente nominal del circuito, si la capacidad de los conductores está basada en la Tabla 2; o

(b) El 70% de la corriente nominal del circuito si la capacidad de los conductores está basada en la Tabla 1;

(6) Si se aplican otros factores de corrección para reducir la capacidad de corriente de los conductores, la sección de éstos debe ser, la así determinada o la determinada por las Subreglas (4) o (5), la que sea mayor.

(7) No obstante lo requerido por las Reglas 030-004(1)(a) y 030- 004(2)(d), la capacidad de conducción de los conductores subterráneos no debe exceder la determinada por las

Subreglas (4)(b) y 5(b), en ningún caso.

050-106 Utilización de Factores de Demanda

(1) El dimensionamiento de conductores e interruptores determinados de acuerdo con esta Sección, deben ser los mínimos a emplear; salvo que a las dimensiones normalizadas inmediatamente inferiores, corresponda una capacidad hasta 5 % menor que la calculada, en cuyo caso se pueden utilizar estos conductores e interruptores.

(2) En cualquier caso diferente al de una acometida calculada según las Reglas 050-200 y 050-202, cuando el diseño de una instalación se base en requerimientos

superiores a los dados en esta Sección, las capacidades de acometidas y alimentadores deben incrementarse correspondientemente.

(3) Cuando se instalen 2 o más cargas de las cuales sólo una pueda ser utilizada a la vez, se debe considerar la carga mayor en el cálculo de la demanda.

(4) En el caso de cargas de calefacción ambiental y de aire acondicionado, que no se utilizan simultáneamente, la mayor debe ser considerada en el cálculo de la demanda.

(5) Cuando un alimentador sirve cargas de naturaleza cíclica o similar, de modo que la carga total conectada no debe ser alimentada al mismo tiempo, la capacidad de conducción del alimentador se debe calcular para la máxima carga que pueda ser servida en un tiempo dado.

(6) La capacidad de los conductores de alimentadores y circuitos derivados deben estar de acuerdo con las Secciones del Código, que traten sobre los respectivos equipos a ser alimentados.

(7) No obstante los requerimientos de esta Sección, la capacidad de los conductores de alimentadores y circuitos derivados no se requiere que exceda la capacidad de los conductores de la acometida o del alimentador del cual son abastecidos.

(8) Cuando se añaden cargas a una acometida o alimentador existente, la carga final puede calcularse adicionando el total de las nuevas cargas, afectada por los factores de demanda como se permite en el Código, a la carga de máxima demanda de la instalación existente, resultante de mediciones en los últimos 12 meses. La nueva carga calculada quedará sujeta a las Reglas 050-104(4) y (5).

(9) En el caso de viviendas unifamiliares o departamentos en edificios de vivienda para las que sea de aplicación la Regla 50-110(2) de esta Sección, las corrientes a considerar en los conductores de la acometida y del alimentador, no deben ser menores a las que se indican a continuación; sin embargo, la sección mínima de dichos conductores debe ser 4 mm² para acometidas y 2,5 mm² para alimentadores.

(a) 15 A, para cargas de hasta 3 000 W.

(b) 25 A, para cargas mayores de 3 000 W hasta 5 000 W.

(c) 40 A, para cargas mayores de 5 000 W hasta 8 000 W con suministro monofásico y 15 A con suministro trifásico 380/220 V.

050-108 Espacio en Tableros para Circuitos Derivados

- (1) Para una unidad de vivienda unifamiliar se debe proveer suficiente espacio en el tablero, para al menos cuatro interruptores automáticos bipolares contra sobrecorrientes.
- (2) No obstante la Subregla (1), debe proveerse suficiente espacio en el tablero para dos dispositivos de protección adicionales para futuras ampliaciones.
- (3) Donde se prevea cocina o equipo trifásico se deben proveer interruptor automático contra sobrecorrientes tripolar.
- (4) En el caso de viviendas unifamiliares o departamentos en edificios de vivienda, donde sea aplicable la Regla 110(2) de esta Sección, se debe prever en el tablero el espacio necesario para por los menos, la siguiente cantidad de interruptores automáticos contra sobrecorrientes:
 - a) Tres interruptores automáticos contra sobrecorrientes bipolares de 15 A, para carga de hasta 3 000 W, con suministro monofásico.
 - b) Cinco interruptores automáticos contra sobrecorrientes bipolares, de los cuales uno debe ser de 20 A, para cargas mayores a 3 000 W y hasta 5 000 W, con suministro monofásico.
 - c) Siete interruptores automáticos contra sobrecorrientes, de los cuales dos deben ser de 30 A, para cargas mayores de 5 000 W y hasta 8 000 W, con suministro monofásico, o dos tripolares de 15 A con suministro trifásico.
 - d) Donde se corra el neutro se admiten dispositivos de sobrecorriente unipolares sobre los conductores de fase, aunque con la finalidad de elevar el nivel de seguridad durante el proceso de instalación y posterior mantenimiento se debe utilizar preferentemente dispositivos de sobrecorriente automáticos que protejan y corten simultáneamente todos los conductores, incluido el neutro.

050-110 Determinación de Áreas y Previsión Opcional de la Demanda Máxima Total Cuando No Se Dispone de Información

- (1) Las áreas de vivienda designadas en las Reglas 050-200 y 050-202 deben ser determinadas por las dimensiones interiores (áreas techadas) e incluyen:
 - (a) 100% del área del primer piso; más

- (b) 100% del área de los pisos superiores, dedicada a vivienda; más
- (c) 75% del área del sótano.
- (2) Opcionalmente, en el caso de viviendas unifamiliares o departamentos en edificios de vivienda, cuando no se dispone de información específica sobre las cargas, la demanda máxima total a prever no será inferior a:
 - (a) 3 000 W, para viviendas de hasta 90 m², según dimensiones interiores.
 - (b) 5 000 W, para viviendas de más de 90 m² hasta 150 m², según dimensiones interiores.
 - (c) 8 000 W, para viviendas de más de 150 m² hasta 200 m², según dimensiones interiores.

Acometidas y Alimentadores

050-200 Viviendas Unifamiliares

- (1) La mínima capacidad de conducción de corriente de los conductores de acometidas o alimentadores debe ser la mayor que resulte de la aplicación de los párrafos (a) y (b) siguientes:
 - (a) (i) Una carga básica de 2 500 W para los primeros 90 m² del área de vivienda (ver Regla 050-110); más
 - (ii) Una carga adicional de 1 000 W por cada 90 m², o fracción, en exceso de los primeros 90 m²; más
 - (iii) Las cargas de calefacción, con los factores de demanda previstos en la Sección 270, más cualquier carga de aire acondicionado con factor de demanda de 100%, según la Regla 050-106(4); más
 - (iv) Cualquier carga de cocina eléctrica, como sigue: 6 000 W para cocina única más 40% de la cantidad en la que la potencia de dicha cocina exceda los 12 kW; más
 - (v) Cualquier carga de calentadores de agua para piscinas y baños individuales o comunes; más
 - (vi) Cualquier carga adicional a las mencionadas en los párrafos (i) a (v), al 25% de su potencia nominal, si ésta excede los 1500 W y si se ha previsto una cocina eléctrica; o al 100% de la potencia nominal de cada una, si ésta excede los 1 500 W hasta un total de 6 000 W, más 25% del exceso sobre los 6 000 W, si no se ha previsto una cocina eléctrica.

(b) 40 amperes.

(2) La mínima capacidad de los conductores de las acometidas o alimentadores servidos por una acometida principal para dos o más unidades de vivienda de una hilera de casas habitación, debe basarse sobre:

(a) La Subregla (1), excluyendo cualquier carga de calefacción o de aire acondicionado, con aplicación de los factores de demanda requeridos por la Regla 050- 202(a)(i) hasta (v), inclusive; más

(b) Los requerimientos de la Regla 050-202(3)(b), (c) y (d).

(3) El total de la carga calculada de conformidad con la Subregla (1) o (2) no debe ser considerado como carga continúa en la aplicación de la Regla 050-104.

(4) En el caso de viviendas unifamiliares o unidades de vivienda, a las que sea aplicable la Subregla 110(2) de esta Sección, la capacidad nominal de los conductores de la acometida o alimentador, según corresponda, debe ser la que se prescribe en la Regla 050-106(9)(a), (b) y (c).

050-202 Edificios de Departamentos y Similares

(1) La capacidad mínima de los conductores de una acometida o alimentador, servidos por una acometida principal, que alimenten cargas en unidades de vivienda, debe ser la mayor que resulte de la aplicación de los párrafos (a) o (b) siguientes:

(a)

(i) Una carga básica de 1 500 W para los primeros 45 m² de vivienda (ver Regla 050-110); más

(ii) Una carga adicional de 1 000 W por los segundos 45 m² o fracción; más

(iii) Una carga adicional de 1 000 W por cada 90 m² o fracción en exceso de los primeros 90 m²; más

(iv) La carga de cualquier cocina eléctrica, como sigue: 6 000 W para una cocina eléctrica, más 40% de la carga excedente a los 12 kW; más

(v) Cualquier carga de calefacción, con aplicación de los factores de demanda de la Sección 270, más las cargas de aire acondicionado con factor de demanda al 100%, según la Regla 050-106(4); más (vi) Cualquier carga en adición de las mencionadas en los subpárrafos (i) a (v) inclusive a:

(A) 25% de la potencia de régimen de cada carga mayor de 1 500 W, si se ha previsto una cocina eléctrica; o

(B) 25% de la potencia de régimen de carga mayor de 1 500 W, más 6000 W, si no se ha previsto una cocina eléctrica.

(b) 25 amperes.

(2) El total de la carga calculada en aplicación de la Subregla (1) no debe ser considerado como carga continua para la aplicación de la Regla 050-104.

(3) La capacidad mínima de acometidas y alimentadores servidos por una acometida principal, que alimenten a su vez dos o más unidades de vivienda, deben basarse sobre la carga calculada en aplicación de la Subregla (1)(a) y lo siguiente:

(a) Con exclusión de cualquier carga de calefacción y aire acondicionado, se debe considerar que la carga es:

(i) El 100% de la carga mayor de cualquier unidad de vivienda; más

(ii) El 65% de la suma de cargas de las 2 unidades de vivienda con cargas iguales o inmediatamente menores a la del subpárrafo (i); más

(iii) El 40% de la suma de cargas de las 2 unidades de vivienda con cargas iguales o inmediatamente menores que las del subpárrafo (ii); más

(iv) El 30% de la suma de las cargas de las 15 unidades de vivienda con cargas iguales o inmediatamente menores a las del subpárrafo (iii); más

(v) El 25% de la suma de las cargas de las unidades de vivienda restantes.

(b) Si se utiliza calefacción eléctrica, la suma de todas las cargas de calefacción, como se determina de acuerdo con la aplicación de la Sección 270, debe ser añadida a la carga determinada de acuerdo con el párrafo (a), sujeta a la Regla 050-106(4).

(c) Si se utiliza aire acondicionado, la suma de todas las cargas de aire acondicionado se debe añadir, con un factor de demanda de 100%, a la carga determinada de acuerdo con los párrafos (a) y (b), sujetas a la Regla 050-106(4).

(d) Cualquier carga de alumbrado, calefacción y potencia no ubicada en las unidades de vivienda, debe ser añadida con un factor de demanda de 75%.

(4) La capacidad de los conductores de un circuito derivado que sirva a cargas ubicadas fuera de las unidades de vivienda, no debe ser menor que la potencia nominal de los equipos instalados, afectada con los factores de demanda, como se permite en el Código.

(5) En el caso de departamentos en edificios de vivienda y similares, a los que sea aplicable la Regla 110(2) de esta Sección, la capacidad nominal de los conductores del alimentador debe ser la que se prescribe en la Regla 050- 106(9)(a), (b) y (c).

050-204 Escuelas

(1) Las capacidades mínimas de los conductores de acometidas o de los alimentadores deben basarse sobre lo siguiente:

- (a) Una carga básica de 50 W/m² de área de aulas; más
- (b) 10 W/m² del área restante del edificio, calculada con las dimensiones exteriores; más
- (c) Cargas de calefacción, aire acondicionado y fuerza, basadas en la potencia nominal del equipo instalado.

(2) Se permite la aplicación de factores de demanda, como sigue:

(a) Para edificios de hasta 900 m², área calculada según dimensiones exteriores:

- (i) Para cualquier carga de calefacción, según la Sección 270; y
- (ii) 75% de la carga restante.

(b) Para edificios con áreas mayores a 900 m².

- (i) Según la Sección 270 para cargas de calefacción; y
- (ii) La carga restante debe ser dividida entre el área en m² y la demanda de carga puede considerarse como la suma de:

(A) 75% de la carga por m² multiplicada por 900; y

(B) 50% de la carga por m² multiplicada por el área en exceso a los primeros 900 m².

050-206 Hospitales

(1) La capacidad mínima de los conductores de acometidas y alimentadores debe basarse en lo siguiente:

- (a) Una carga básica de 20 W/m² del área del edificio calculada con las dimensiones exteriores; más
- (b) 100 W/m² para áreas de alta intensidad de carga como salas de operación; más
- (c) Cargas de calefacción, aire acondicionado y de potencia, según la potencia del equipo.

(2) Se permitirá la aplicación de factores de demanda de acuerdo con lo siguiente:

(a) Para edificaciones de hasta 900 m², calculados con las dimensiones exteriores:

(i) De acuerdo con la Sección 270 para cualquier carga de calefacción; y

(ii) 80% de la carga restante.

(b) Para edificaciones cuya superficie exceda los 900 m², calculada con las dimensiones exteriores;

(i) De acuerdo con la Sección 270 para cualquier carga de calefacción; y

(ii) El resto de la carga debe ser dividida entre los metros cuadrados de la superficie, y la carga de la demanda puede ser considerada como la suma de:

(A) 80% de la carga por metro cuadrado multiplicada por 900; y

(B) 65% de la carga por metro cuadrado multiplicada por la superficie del edificio que exceda los 900 m².

050-208 Hoteles, Moteles, Dormitorios y Edificios de Uso Similar

(1) La capacidad mínima de los conductores de la acometida o del alimentador deben basarse en lo siguiente:

(a) Una carga básica de 20 W/m² del área del edificio, calculada con las dimensiones exteriores; más

(b) Cargas de alumbrado de áreas especiales, tales como: salones de baile, según la potencia nominal del equipo instalado; más

(c) Cargas de calefacción, aire acondicionado y potencia, según la potencia nominal del equipo instalado.

(2) Se permitirá la aplicación de factores de demanda de acuerdo con lo siguiente:

(a) Para edificaciones con área de hasta 900 m², calculada con las dimensiones exteriores:

(i) De acuerdo con la Sección 270 para cualquier carga de calefacción; y

(ii) 80% de la carga restante.

(b) Para edificaciones cuya superficie exceda los 900 m², calculada con las dimensiones exteriores;

(i) De acuerdo con la Sección 270 para cualquier carga de calefacción; y

(ii) El resto de la carga debe ser dividido entre los metros cuadrados de la superficie, y la carga de la demanda puede ser considerada como la suma de:

(A) 80% de la carga por metro cuadrado multiplicada por 900.

(B) 65% de la carga por metro cuadrado multiplicada por el área del edificio, que exceda los 900 m².

050-210 Otros Tipos de Uso

La capacidad mínima de los conductores de la acometida o del alimentador para otros tipos de uso, especificados en la Tabla 14, debe basarse en lo siguiente:

- (a) Una carga básica calculada con los watts por metro cuadrado requeridos por la Tabla 14, multiplicado por el área servida, determinada según las dimensiones exteriores, con aplicación de los factores de demanda indicados en dicha tabla; más
- (b) Cargas especiales como calefacción, aire acondicionado, potencia, iluminación de vitrinas, alumbrado de escaleras, etc., basadas en la potencia nominal del equipo instalado, con factores de demanda permitidos por el Código.

Tabla 14
Watts por metro cuadrado y factores de demanda para acometidas y
alimentadores para predios según tipo de actividad

Tipo de actividad	Watts por metro cuadrado	Factores de demanda (%)	
		Conductores de acometida	Alimentadores
Bodegas	30	100	100
Oficinas:			
Primeros 930m2	50	90	100
Sobre 930m2	50	70	90
Industrial, comercial	25	100	100
Iglesias	10	100	100
Garaje	10	100	100
Edificios de almacenaje	5	70	90
Teatro	30	75	95
Auditorio	10	80	100
Bancos	25	100	100
Clubes	30	90	100
Viviendas	25	100	100

050-212 Circuitos de Alumbrado Especial

Cuando un tablero suministra tipos especiales de iluminación, tales como luces de escape o emergencia, que pueden estar localizadas en toda la edificación, sin que sea posible calcular el área servida, se debe utilizar la carga del circuito involucrado para calcular la sección del alimentador.

Circuitos Derivados

050-300 Circuitos Derivados de Alimentación a Cocinas Eléctricas

- (1) La demanda que debe considerarse para los conductores de un circuito derivado que alimenta una cocina eléctrica en una unidad de vivienda, debe ser:
 - (a) 8 kW cuando la potencia nominal de la cocina no exceda los 12 kW; o
 - (b) 8 kW más el 40% del exceso de potencia nominal de la cocina, sobre los 12 primeros kW.
- (2) Para propósito de la Subregla (1), se puede considerar como una cocina eléctrica, dos o más unidades de cocina, separadas, de instalación fija.
- (3) Para cocinas o unidades de cocina instaladas en establecimientos comerciales, industriales e institucionales, se debe considerar que la demanda no es menor que la potencia nominal de los artefactos.
- (4) Las demandas de cargas consideradas en esta Regla, no son aplicables a hornillas y similares, de instalación no fija, que se conectan con cordones incorporados al artefacto.

050-302 Cargas Conectadas

- (1) La carga demandada para iluminación de vitrinas debe ser considerada como no menor de 650 W/m; la longitud debe ser medida a lo largo de la base de la vitrina; a menos que, por aplicación de la Regla 020-030, se permita cargas menores.
- (2) No obstante la Regla 050-104(3), se debe considerar como continua una carga de naturaleza cíclica o intermitente.
- (3) La carga total conectada a un circuito derivado que alimenta una o más unidades de procesamiento de datos, debe considerarse de naturaleza continua, para la aplicación de la Regla 050-104.

Ramales Principales y Circuitos Derivados en Unidades de Vivienda

050-400 Ramales Principales en Unidades de Vivienda

En las unidades de vivienda a las que es aplicable la Regla 050- 110(2), se permite que un interruptor automático instalado en el tablero sirva para la protección de hasta dos - y sólo dos – ramales principales. En este caso, el interruptor automático debe garantizar la protección de los conductores de cada uno de los ramales principales de manera independiente.

050-402 Cantidad de Circuitos Derivados en Unidades de Vivienda

Las unidades de vivienda a las que sea aplicable la Regla 050- 110(2) deben contar por lo menos con:

- (a) Dos circuitos derivados, para unidades de vivienda con carga hasta de 3 kW, uno para alumbrado fijo y otro para tomacorrientes, excepto que se permite que dichos dos circuitos se instalen como ramales principales alimentados, controlados y protegidos por un solo y único interruptor.
- (b) Dos circuitos derivados, para unidades de vivienda con carga de más de 3 kW y hasta 5 kW; con la excepción de que cuando la unidad de vivienda cuente con tres circuitos o más, se permite que se instalen como ramales principales, con la restricción de la Regla 050-400.
- (c) Tres circuitos derivados, para unidades de vivienda con carga de más de 5 kW y hasta 8 kW, con la excepción de que cuando la unidad de vivienda cuente con cuatro circuitos o más, se permite que se instalen como ramales principales, con la restricción de la Regla 050-400.

050-404 Instalación de Ramales Principales en Unidades de Vivienda

Cuando dos circuitos derivados se instalen como ramales principales conectándose al mismo interruptor principal, la sección de sus conductores no debe ser mayor de 2,5 mm²; si se requiere una mayor sección para los conductores de un circuito, éstos deben instalarse como circuito derivado, con su propio interruptor de protección y control. (CNE – Utilización, Sección 050, pag. 24 - 27).

2.1.4. Normativa Internacional

ARGENTINA: Reglamento de la Asociación Electrotécnica Argentina

Sistemas de distribución:

Grados de electrificación en inmuebles

Se establece el grado de electrificación de un inmueble a efecto de determinar, en la instalación, el número de circuitos y los puntos de utilización que deberán considerarse como mínimo. Los grados de electrificación son:

- Electrificación mínima.
- Electrificación media.
- Electrificación elevada.

Tabla I: Demanda de potencia máxima

Grado de electrificación	Demanda de potencia maxima simultanea	Limite de aplicación
Minima	hasta 3 000 V.A.	hasta 60 m ²
Media	hasta 6 000 V.A.	hasta 150 m ²
Elevada	hasta 6 000 V.A.	Mas de 150 m ²

1) Se establecerá, en función de los consumos previstos, la demanda de potencia máxima simultánea.

2) Con el valor calculado en el punto 1) se predeterminará el grado de electrificación según la Tabla I (columna 1), debiéndose verificar que la superficie del inmueble no supere el límite indicado para dicho grado (columna 2).

Caso contrario deberá adoptarse el grado de electrificación correspondiente a la superficie del inmueble.

Cálculo de una instalación eléctrica domiciliaria

Para realizar la presente Tabla II se tuvo en cuenta la última edición del Reglamento de la Asociación Electrotécnica Argentina

Tabla II: Factores de simultaneidad del consumo

Número de viviendas	Coeficientes de simultaneidad	
	Electrificación mínima y media	Electrificación elevada
2 a 4	1	0,8
5 a 15	0,8	0,7
16 a 25	0,6	0,5
> 25	0,5	0,4

BOLIVIA: Disposiciones técnicas para instalaciones eléctricas en baja y media tensión (01/12/2004)

Sistemas de distribución:

Determinación de la Demanda Máxima en edificios destinados principalmente a viviendas:

La Demanda Máxima correspondiente a un edificio destinado principalmente a viviendas, resulta de la suma de las demandas máximas simultáneas correspondientes al conjunto de departamentos, a los servicios generales del edificio y locales comerciales si los hubiera.

Cada una de las demandas se calculará de la siguiente forma:

Tabla 1 - Demanda Máxima simultánea o factor de simultaneidad correspondiente al conjunto de viviendas:

N° de viviendas familiares	Factor de simultaneidad Consumo mínimo y medio Entre 10 – 50KW	Factor de simultaneidad Nivel de consumo elevado Mayor a 50 KW
2 -4	1,0	0,8
5 -10	0,8	0,7
11-20	0,6	0,5
21-30	0,4	0,3

URUGUAY: Reglamento de Baja Tensión

Factor de utilización - f_u –

En condiciones de operación normal, la potencia consumida por una carga es algunas veces menor que la indicada como su potencia nominal, y para su cálculo se define el factor de utilización como el cociente entre la potencia efectivamente demandada por la carga, y la potencia nominal de la misma.

$$f_u = \frac{P_C}{P_N}$$

Factor de simultaneidad - f_s –

Normalmente, la operación simultanea de todas las cargas de un sistema, nunca ocurre, apareciendo siempre determinado grado de diversidad, que se expresa para cada grupo de cargas, mediante el factor de simultaneidad. El mismo se define como el cociente entre la Demanda Máxima del grupo j, y la suma de las demandas máximas de cada carga (i) del grupo j.

$$f_s = \frac{DM_j}{\sum_{i=1}^n DM_i}$$

La determinación de estos factores es responsabilidad del proyectista, requiere un conocimiento detallado de la instalación, y las condiciones en las cuales cada carga y cada grupo de cargas son explotados. Por estas razones no es posible dar valores de aplicación general correspondientes a todos los factores, no obstante si no se dispone de información precisa pueden manejarse los siguientes valores para el factor de simultaneidad:

Sistemas de utilización:

1) Para tableros de Distribución que alimentan determinado número de circuitos, se especifican los siguientes factores de simultaneidad, cuando no se conoce como se distribuye la carga total entre los circuitos.

Número de circuitos	Factor de simultaneidad
2- 3	0,9
4-5	0,8
6-9	0,7
10 a más	0,6

Si las cargas son principalmente cargas de iluminación, es recomendable considerar factor de simultaneidad = 1

2) Para grupos de cargas del mismo tipo, se especifican los siguientes factores:

Función del circuito	Factor de simultaneidad
Iluminación	1
Aire acondicionado y calefacción	1
Toma corriente	0,1 a 0,2
Elevación y carga	
Motor mayor	1
2do motor	0,75
Resto de los motores	0,60

Sistemas de distribución:

La potencia prevista para el conjunto de viviendas, se calcula como la suma de las potencias previstas para cada vivienda, por el factor de simultaneidad según el número de viviendas.

Se da a continuación una tabla como referencia:

Número de clientes	Factor de simultaneidad
2-4	1
5-9	0,78
10-14	0,63
15-19	0,53
20-24	0,49
25-19	0,46
30-34	0,44
35-39	0,42
40-49	0,41
50 a más	0,40

Los valores de esta tabla suponen que no se está utilizando calefacción por acumulación. Cuando se utiliza esta modalidad, en general el consumo por calefacción se produce en un horario predeterminado y durante el cual en general no hay otros consumos en la vivienda. Por lo que debe estudiarse por un lado la demanda correspondiente a calefacción, considerando para este tipo de consumo un factor de simultaneidad de 0.8 y contrastar la Demanda Máxima por calefacción contra la Demanda Máxima de potencia diurna correspondiente a los demás usos de la energía.

ESPAÑA: Instrucción Técnica Complementaria- Baja Tensión

ITC- BT -01 TERMINOLOGIA

Factor de simultaneidad. Relación entre la totalidad de la potencia instalada o prevista, para un conjunto de instalaciones o de máquinas, durante un período de tiempo determinado, y las sumas de las potencias máximas absorbidas individualmente por las instalaciones o por las máquinas.

ITC-BT-10 PREVISIÓN DE CARGAS PARA SUMINISTROS EN TENSIÓN BAJA GRADO DE ELECTRIFICACIÓN

Electrificación Básica

Es la necesaria para la cobertura de las posibles necesidades de utilización primaria sin la necesidad de obras posteriores de adecuación.

Electrificación elevada

Es la correspondiente a las viviendas con previsión de aparatos electrodomésticos superior a la electrificación básica con previsión de utilización de sistemas de calefacción o con superficies útiles de la vivienda mayor a 160 m².

PREVISIÓN DE LA POTENCIA

El usuario de edificio fijara con la empresa distribuidora la potencia a prever, la cual para nuevas construcciones no será menor a 5 750W, en cada vivienda independientemente de la potencia a contratar por cada usuario, que dependerá de la utilización que este usuario de a la instalación eléctrica.

En las viviendas de grado de electrificación elevada la potencia no será menor de 9 200W .

Sistemas de distribución:

Carga correspondiente a un conjunto de viviendas

Se obtendrá multiplicando la media aritmética de las potencias máximas previstas en cada vivienda, por el coeficiente de simultaneidad indicado en la tabla, según el número de viviendas.

Nº Viviendas (n)	Coeficiente de Simultaneidad	Factor de Simultaneidad
1	1	1
2	2	1
3	3	1
4	3,8	0,95
5	4,6	0,92
6	5,4	0,9
7	6,2	0,886
8	7	0,875
9	7,8	0,87
10	8,5	0,85
11	9,2	0,836
12	9,9	0,825
13	10,6	0,815
14	11,3	0,81
15	11,9	0,793
16	12,5	0,78
17	13,1	0,77
18	13,7	0,76
19	14,3	0,753
20	14,8	0,74
21	15,3	0,729
n>21	$15,3+(n-21).0,5$	$15,3/n + (n-21)/2n$

Tabla 1. Coeficiente de simultaneidad, según el número de viviendas

Para edificios cuya instalación esté prevista para la aplicación de la tarifa nocturna, la simultaneidad será 1 (Coeficiente de simultaneidad = nº de viviendas)

Carga correspondiente a los servicios generales

Será la suma de la potencia prevista en ascensores, aparatos elevadores, centrales de calor y frío, grupos de presión, alumbrado de portal, caja de escalera y espacios comunes y en todo el servicio eléctrico general del edificio sin aplicar ningún factor de reducción por simultaneidad (factor de simultaneidad = 1).

Carga correspondiente a los locales comerciales y oficinas

Se calculará considerando un mínimo de 100 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 3 450W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1.

Carga correspondiente a los garajes

Se calculará considerando un mínimo de 10 W por metro cuadrado y planta para garajes de ventilación natural y de 20 W para los de ventilación forzada, con un mínimo de 3 450 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1.

CARGA TOTAL CORRESPONDIENTE A EDIFICIOS COMERCIALES, DE OFICINAS O DESTINADOS A UNA O VARIAS INDUSTRIAS

Edificios comerciales o de oficinas

Se calculará considerando un mínimo de 100 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 3 450W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1.

Edificios destinados a concentración de industrias

Se calculará considerando un mínimo de 125 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 10 350W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1.

**ITC- BT – 25 INSTALACIONES INTERIORES EN VIVIENDAS.
NÚMERO DE CIRCUITOS Y CARACTERÍSTICAS.**

Sistemas de utilización:

**DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE CIRCUITOS, SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES
Y DE LAS CAÍDAS DE TENSIÓN.**

En la Tabla se relacionan los circuitos mínimos previstos con sus características eléctricas.

La sección mínima indicada por circuito está calculada para un número limitado de puntos de utilización. De aumentarse el número de puntos de utilización, será necesaria la instalación de circuitos adicionales correspondientes.

Cada accesorio o elemento del circuito en cuestión tendrá una corriente asignada, no inferior al valor de la intensidad prevista del receptor o receptores a conectar.

El valor de la intensidad de corriente prevista en cada circuito se calculará de acuerdo con la fórmula:

$$I = n \times I_a \times F_s \times F_u$$

N	nº de tomas o receptores
I _a	Intensidad prevista por toma o receptor
F _s (factor de simultaneidad)	Relación de receptores conectados simultáneamente sobre el total
F _u (factor de utilización)	Factor medio de utilización de la potencia máxima del receptor

Los dispositivos automáticos de protección tanto para el valor de la intensidad asignada como para la Intensidad máxima de cortocircuito se corresponderá con la intensidad admisible del circuito y la de cortocircuito en ese punto respectivamente.

La sección de los conductores será como mínimo la indicada en la Tabla, y además estará condicionada a que la caída de tensión sea como máximo el 3 %. Esta caída de tensión se calculará para una intensidad de funcionamiento del circuito igual a la intensidad nominal del interruptor automático de dicho circuito y para una distancia correspondiente a la del punto de utilización mas alejado del origen de la instalación interior. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de las derivaciones individuales, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límite especificados para ambas, según el tipo de esquema utilizado.

Circuito de utilización	Potencia prevista por toma (W)	Factor de simultaneidad	Factor de utilización
Iluminación	200	0,75	0,5
Tomas de uso general	3 450	0,2	0,25
Cocina y horno	5 400	0,5	0,75
Lavadora, lavajillas y termo eléctrico	3 450	0,66	0,75
Baño, Cuarto de cocina	3 450	0,4	0,5
Calefacción	(1)	-----	----
Aire acondicionado	(1)	-----	----
Secadora	3 450	-----	0,75
Automatización	(2)	-----	----

(1) La potencia máxima permisible por circuito será de 5.750 W

(2) La potencia máxima permisible por circuito será de 2.300 W

2.1.5. NORMA IEC 60439

Esta norma IEC (Internacional Electrotechnical Commission) ha sido elaborada por el SUBCOMITÉ 17D: Dispositivos de distribución de baja tensión y equipos de control.

Este comité tiene como alcance principal:

Preparar los estándares internacionales de los equipos de dispositivos de distribución de baja tensión y equipos de control, que operen en sistemas que no excedan 1 kV de corriente alterna o 1.5 kV de corriente continua al igual que los equipos de control, equipo protector, regulación, etc a los cuales esten asociados.

a) IEC 60439-1 - Conjuntos serie y conjuntos derivados serie

Texto extraído de la norma IEC 60439-1, cuarta edición de 1999-09.

Factor de simultaneidad asignado

El factor de simultaneidad asignado de un CONJUNTO o de una parte de un CONJUNTO que tenga varios circuitos principales (por ejemplo, una columna o una sección de columna), es la relación entre la corriente máxima en cualquier instante, de las corrientes previstas en todos los circuitos principales considerados, y la suma de las corrientes asignadas de todos los circuitos principales del CONJUNTO o de la parte elegida del CONJUNTO.

Cuando el fabricante define un factor de simultaneidad asignado, este factor debe ser utilizado para el ensayo de calentamiento.

Nota: En ausencia de informaciones concernientes a las corrientes reales, pueden ser utilizados los valores convencionales dados en la Tabla 1 siguiente:

Tabla - 1

Número de circuitos	Factor de simultaneidad
2- 3	0,9
4-5	0,8
6-9	0,7
10 a más	0,6

Definición de conjunto:

CONJUNTO = CONJUNTO DE APARAMENTA DE BT

Combinación de uno o varios dispositivos de conexión de baja tensión con los materiales asociados de mando, de medición, de señalización, de protección, de regulación, etc.; completamente montados bajo la responsabilidad del fabricante con todas sus conexiones internas mecánicas y eléctricas y sus elementos de construcción.

**b) IEC 60439-3 Requerimientos particulares para baja tensión y control de montajes instalados en lugares donde las personas inexpertas tienen acceso libre-
Tableros de distribución**

En el año de 2001 se produjo una mejora a dicha norma con la publicación de la norma **IEC 60439-3** que corrige a la norma anterior en lo siguiente:

Nota: Con el fin de estandarizar el número de circuitos principales se define como el número de circuitos de salida conectados por cada fase a la fuente. En ausencia de información referente a corrientes reales, los valores convencionales dados en la Tabla 1 pueden ser utilizados.

Tabla - 1

Número de circuitos principales	Factor de simultaneidad
2 – 3	0,8
4-5	0,7
6- 9	0,6
10 y superiores	0,5

Observación: No existe ningún marco normativo sobre el cálculo de dichos valores ni como se han obtenido.

2.1.6. Cuadro comparativo de los factores de simultaneidad en el marco normativo nacional e internacional

Tabla 1: Sistemas de utilización

País	Perú	Uruguay	España	
Norma de Referencia	Utilización	UTE – OR – 0001/02	ITC – BT- 25	
Numero de circuitos	Factor de demanda	Factor de simultaneidad	Factor de simultaneidad	Factor de utilización
2 – 3		0,9		
4 – 5		0,8		
6 – 9		0,7		
10 a mas		0,6		
Tipo de Carga	-----	-----	-----	-----
Iluminación	0,75	1	0,75	0,5
Calefacción	0,75	1	1	1
Toma Corriente		0,1 a 0,2	0,2	0,25
Aire acondicionado	1	1	1	1
Secadora			1	0,75
Cocina y horno	1 a 0,4		0,5	0,75
Lavadora, lavavajillas y terma			0,66	0,75
Motor mayor		1		
Segundo motor		0,75		
Resto de motores		0,6		

Tabla 2: Sistemas de distribución

País	Perú	Bolivia		Uruguay	Argentina		España
Norma	C.E	Disposiciones Técnicas		N. I.	Reglamento de la AEA		ITC - BT - 10
Numero de viviendas		Cons. mín. Y medio	Cons. alto		Elec. Min. Med.	Elec. alta	
1	1	1	0,8	1	1	0,8	1
2	0,5	1	0,8	1	1	0,8	1
3	0,5	1	0,8	1	1	0,8	1
4	0,5	1	0,8	1	1	0,8	0,95
5	0,5	0,8	0,7	0,78	0,8	0,7	0,92
6	0,5	0,8	0,7	0,78	0,8	0,7	0,9
7	0,5	0,8	0,7	0,78	0,8	0,7	0,886
8	0,5	0,8	0,7	0,78	0,8	0,7	0,875
9	0,5	0,8	0,7	0,78	0,8	0,7	0,87
10	0,5	0,8	0,7	0,63	0,8	0,7	0,836
11	0,5	0,6	0,5	0,63	0,8	0,7	0,825
12	0,5	0,6	0,5	0,63	0,8	0,7	0,815
13	0,5	0,6	0,5	0,63	0,8	0,7	0,81
14	0,5	0,6	0,5	0,63	0,8	0,7	0,793
15	0,5	0,6	0,5	0,53	0,8	0,7	0,78
16	0,5	0,6	0,5	0,53	0,6	0,5	0,77
17	0,5	0,6	0,5	0,53	0,6	0,5	0,76
18	0,5	0,6	0,5	0,53	0,6	0,5	0,753
19	0,5	0,6	0,5	0,53	0,6	0,5	0,74
20	0,5	0,6	0,5	0,49	0,6	0,5	0,729
21	0,5	0,4	0,3	0,49	0,6	0,5	$15,3/n + (n - 21)/2n$
21 – 24	0,5	0,4	0,3	0,49	0,6	0,5	$15,3/n + (n - 21)/2n$
25 – 29	0,5	0,4	0,3	0,46	0,5	0,4	$15,3/n + (n - 21)/2n$
30 – 34	0,5			0,44			$15,3/n + (n - 21)/2n$
35 – 39	0,5			0,42			$15,3/n + (n - 21)/2n$
40 – 49	0,5			0,41			$15,3/n + (n - 21)/2n$
50 a más	0,5						$15,3/n + (n - 21)/2n$

Donde n es el número de viviendas

C. E. Calificación Eléctrica

N.I. Norma de Instalaciones

2.2. Cálculo de la Demanda Máxima aplicando los criterios establecidos en el Código Nacional de Electricidad (CNE) Utilización frente a la norma española.

Con la finalidad de tomar conocimiento de los valores de Demanda Máxima de un predio determinado que se obtienen de la aplicación de los criterios contenidos en las normas relacionada con el cálculo de las máximas demandas tales como el CNE Utilización y la norma española, se ha tomado casos específicos de vivienda para las zonificaciones urbanas R-1S, R-2, R-3 y R-4. (Los detalles de la zonificación urbana y sus principales parámetros se presentan en el Anexo A.)

Aplicando la Normativa señalada anteriormente y cuyo detalle de cálculo se muestra en el Anexo B, se obtienen los siguientes valores de Demanda Máxima, cuyo resumen para cada caso específico se muestra a continuación:

Tabla 3: Demanda Máxima

Caso Específico	DEMANDA MAXIMA (W)		
	CNE Utilización	ESPAÑA	Diferencia CNE – España
R-1S	28 387,10	18 858,80	9 528,30
R-2	15 744,00	14 409,80	1 334,20
R-3	15 744,00	10 554,80	5 189,20
R-4	15 744,00	10 554,80	5 189,20
Promedio	18 904,78	13 594,55	5 310,23

De los resultados obtenidos, podemos apreciar lo siguiente:

1) Teniendo en cuenta que España es un país con mayor capacidad de consumo de energía eléctrica que Perú, se considera razonable que la normativa del Perú para el cálculo de demanda máxima no debe ser mucho mayor a la española.

Como en todos los casos analizados en la Tabla 3, la demanda máxima es superior a la Norma Española se puede concluir como recomendación no tomar en cuenta la carga de la cocina eléctrica que es de 6 kW para nuestro país con un factor de demanda de una unidad y 2 156 W para España una vez aplicado los respectivos factores, realizando un análisis sin esta carga obtenemos:

Tabla 4: Maxima Demanda (Eliminado la Carga de Cocina Eléctrica)

Caso Especifico	DEMANDA MAXIMA (W)		
	CNE Utilización	ESPAÑA	Diferencia CNE – España
R-1S	22 387,10	16 702,80	1 372,30
R-2	9 744,00	12 253,80	-2 509,8
R-3	9 744,00	8 398,80	1 342,20
R-4	9 744,00	8 398,80	1 342,20
Promedio	12 904,78	11 438,55	1 466,23

De estos resultados observamos claramente que como recomendación general no se debe tomar en cuenta la cocina eléctrica, que no es un electrodoméstico de uso masivo.

2) Los valores de Demanda Máxima obtenidos de mediciones efectuadas (Ver Anexo H), son bastante inferiores que los obtenidos de la aplicación del CNE Utilización. Sin embargo, se debe tener en consideración que se debe proyectar las instalaciones eléctricas no para la situación actual si no mas bien para un

horizonte de tiempo que considere el desarrollo de la ciudad, teniendo en cuenta los resultados del análisis en el primer punto se podría considerar la cocina eléctrica como una carga representativa de modo que de espacio al crecimiento del equipamiento eléctrico en un horizonte de tiempo dado.

2.3. Conclusiones

De la normativa internacional se concluye lo siguiente:

- a. Los factores de simultaneidad usados en las diferentes normas internacionales consideran la variabilidad en función inversa al número de viviendas.
- b. Los factores de simultaneidad usados en las diferentes normas internacionales consideran la variabilidad en función inversa al nivel de electrificación.

III. METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE LOS FACTORES DE SIMULTANEIDAD Y FACTORES DE DEMANDA

3.0 Resumen

a) Selección de Sistemas Eléctricos (S.E.) representativos

Para este proceso se consideran todos los sistemas eléctricos existentes, para cuyo efecto se sigue la secuencia descrita a continuación, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Es una selección a nivel nacional;
 - La selección será periódica;
 - Los sistemas eléctricos seleccionados serán rotativos;
 - Se considerara por lo menos un sistema eléctrico por nivel de consumo;
 - Se tomara en cuenta el tamaño del mercado o número de clientes de los sistemas.
-
- El punto de partida es la clasificación de los sistemas eléctricos en cinco sectores de distribución típicos, según la RD N° 15-2004-EM/DGE.
 - Se agrupan los sistemas eléctricos según su clasificación de Sector de Distribución típico.
 - Se establece el indicador de Consumo Eléctrico I_c (MWh/Cliente-año), definido como la inversa del indicador I_3 (clientes/MWh) utilizado para la determinación de los sectores de distribución típicos, para cada sistema eléctrico.

- Se determina el indicador de consumo promedio (ponderado por numero de clientes de cada sistema eléctrico) para cada grupo de sistemas, definido en el item anterior.
- Se determinan los rangos de Consumo, como los valores mínimos y máximos del indicador de consumo para cada Nivel de Consumo correspondiente. Con la definición de estos rangos quedan definidos los Niveles de Consumo.
- Tomando en cuenta la secuencia descrita y los criterios mencionados al inicio, con la información de los sistemas al año 2006 se obtienen dos sistemas eléctricos seleccionados por nivel de consumo.

b) Selección de Unidades geográficas de Nivel 1 - UG1 (distritos o localidades) y su representación dentro de un sistema eléctrico seleccionado.

- Se identifican los distritos o localidades que son atendidos por cada sistema eléctrico seleccionado. Esta información debe ser proporcionada por la empresa distribuidora, indicando para cada uno el consumo mensual promedio y la cantidad de clientes.
- Se calcula el indicador de consumo I_c por cada distrito o localidad, con la información indicada en el párrafo anterior.
- Se agrupan los distritos o localidades según los niveles de consumo definidos en la tabla 5.
- Para cada conjunto de distritos ubicados en un determinado nivel de consumo se determina el valor promedio del Indicador de consumo.

- Se selecciona como el distrito representativo de cada nivel de consumo, al distrito cuyo lc se aproxime más al promedio del grupo.
- Se obtiene una relación de distritos seleccionados, por lo menos, uno por cada Nivel de Consumo.

c) Selección de Unidades Geográficas de Nivel 2 (radio de influencia de Subestaciones de Distribución) - SED- dentro de las unidades geográficas seleccionadas.

- Para cada UG1 (distrito o localidad) se identifican los límites de las zonificaciones urbanas, definidas por el estudio urbanístico correspondiente. (Tal como se menciona en al Anexo A.)
- En un plano digital, con información de los límites distritales y límites de zonificación urbana, se ubican las subestaciones de distribución.
- Ubicar la SED en el lugar geográfico que le corresponde.
- Para no tomar en cuenta las subestaciones que alimentan zonificaciones urbanas mixtas se eliminan las SED ubicadas cerca de las fronteras entre zonificaciones diferentes.
- Con las subestaciones de distribución restantes, agrupadas por distrito y por zonificación urbana se forma una base de datos. Esta base de datos debe contar, además, con la siguiente información: Consumo de energía mensual, demanda máxima del mes, demanda máxima de Alumbrado público y cantidad de clientes (Esta información debe ser suministrada por la empresa distribuidora).
- La selección de las SED a ser evaluadas será a través de la determinación de una muestra representativa. La determinación del

tamaño de muestra y la estratificación correspondiente será obtenida de un estudio estadístico específico.

- La determinación de la demanda máxima para cada SED, en base a la muestra estratificada definida, según el párrafo anterior, se determina mediante el registro de la demanda en forma continua durante 24 horas.
- La determinación de la demanda máxima de clientes para cada SED, se efectuara siguiendo los siguientes pasos:
 - Lista de Clientes por SED, que debe contener la siguiente información:
Nº de Suministro
Consumo de Energia;
 - Estratificar el nivel de consumo;
 - Calcular el promedio por cada nivel de consumo;
 - Identificar los clientes que se aproximen al valor promedio por cada nivel de consumo;
 - Realizar mediciones en los suministros identificados para el cálculo de la maxima demanda;
 - Determinar la maxima demanda calculada para los demas clientes por nivel de consumo proporcional a la energia consuminda;
 - Se obtendra una lista de clientes por SED, que contendra:
Nº de Suministro
Consumo de Energía
Maxima Demanda.

d) Determinación de Factores para el Sistema de Distribución

- De las mediciones descritas anteriormente se obtiene la demanda máxima total de cada subestación de distribución y la demanda máxima de cada cliente seleccionado.
- Para los casos donde la cantidad de clientes es muy grande, dado que las mediciones se efectuarán para una muestra representativa, se asumirá que todos los clientes no medidos mantienen el comportamiento de los clientes medidos por nivel de consumo.
- El factor de simultaneidad se calcula con la formula indicada en el numeral 3.4, literal b), obteniéndose los factores de simultaneidad del sistema eléctrico seleccionado estratificado en base a los siguientes conceptos: zonificación urbana, rango de número de clientes por SED y distrito, formándose un cuadro de resultados como el mostrado en el literal c) del numeral 3.4.
- El conjunto de valores representativos, para el sistema eléctrico evaluado, se determinara mediante una ponderación de los valores obtenidos en función de la energía acumulada por cada uno de los grupos de los diferentes estratos formados. El resultado será un conjunto de valores en función del número de clientes de las subestaciones analizadas, tal como se muestra en el literal d) del numeral 3.4.
- El conjunto de valores representativos para todos los sistemas eléctricos se determinara en forma similar al numeral anterior mediante la ponderación de los valores obtenidos en función de la energía de los clientes de baja tensión de cada uno de los sistemas eléctricos evaluados.

e) Determinación de Factores para el Sistema de Utilización para cada Cliente de una Muestra Representativa

- De los clientes seleccionados como muestra representativa para el cálculo del factor de simultaneidad del sistema de distribución, se seleccionara en forma aleatoria a un cliente por cada subestación de distribución de la muestra representativa establecida en el numeral 3.3.
- Se efectuaran mediciones a los clientes seleccionados, para obtener la Demanda Máxima del alimentador principal y de los circuitos derivados del tablero general. Tal información deberá permitir obtener la información necesaria para llenar la tabla mostrada en el literal b) del numeral 3.5
- Mediante encuestas a los clientes se obtendrá información del equipamiento eléctrico con que cuentan sus viviendas. Este equipamiento, nos dará a conocer la carga total instalada, la carga básica y las cargas especiales, según detalle mostrado en el literal c) del numeral 3.5.
- El factor de demanda se calculará utilizando la formula indicada en el literal d) del numeral 3.5, tanto para las cargas básicas, cargas especiales y para el alimentador principal.
- Los valores representativos del sistema de utilización, se obtendrá por la ponderación de los valores obtenidos de las mediciones muestrales en función de la energía involucrada.

3.1 Selección de Sistemas Eléctricos (S.E.) representativos

a) Criterios de Selección

Teniendo en cuenta que los factores, cuya determinación tratamos en el presente trabajo, son de aplicación nacional tanto en los sistemas de Suministro (distribución) como en los sistemas de Utilización, se debe considerar los siguientes criterios de selección:

- Nivel Nacional: Para la selección se debe considerar todos los sistemas eléctricos del Perú agrupados por Sector de Distribución Típico.
- Periódica: Siendo el consumo eléctrico un concepto dinámico, la selección debe ser periódica. En este caso se recomienda hacerlo cada cuatro años. Cabe señalar que dicho periodo propuesto, coincide con el periodo en que se establece la regulación tarifaria para el sistema de distribución.
- Rotativa: Teniendo el Perú zonas geográficas marcadamente diferentes, debe buscarse una representación de estas condiciones, rotando periódicamente los sistemas eléctricos representativos.
- Nivel de Consumo: La selección considerará por lo menos un sistema eléctrico por cada nivel de consumo (definidos en los literales c y d).
- Mercado: Se tendrá en cuenta el tamaño del mercado (cantidad de clientes).

b) Clasificación de los Sistemas Eléctricos

La R.D. N° 015-2004-EM/DGE, establece la clasificación de los Sistemas Eléctricos en cinco Sectores de Distribución Típicos para el periodo Noviembre 2004 - Octubre 2009 teniéndose lo siguiente:

Tabla 5: Resumen de sistemas eléctricos

Sector de Distribución Típico	Descripción	Cantidad ⁱ
SDT 1	Sector de Distribución Típico Urbano de Alta Densidad	2
SDT 2	Sector de Distribución Típico Urbano de Media Densidad	48
SDT 3	Sector de Distribución Típico Urbano de Baja Densidad	45
SDT 4	Sector de Distribución Típico Urbano Rural	25
SDT 5	Sector de Distribución Típico Rural	61

c) Establecimiento del indicador de Consumo Eléctrico Ic (MWh/cliente – año) de los Sistemas Eléctricos

El diagrama de carga diario en cualquier punto del sistema eléctrico, como expresión del comportamiento del consumo eléctrico, nos permite determinar los principales factores que relacionan los parámetros eléctricos.

Por lo tanto, el nivel de consumo de los sistemas eléctricos o agrupaciones de clientes menores (Distritos, Subestaciones, etc.) es un elemento muy importante en la determinación de los factores de simultaneidad y demanda.

En consecuencia se establecerá el indicador de consumo por cada uno de los sistemas eléctricos, como un elemento que define el nivel de consumo.

El Indicador de Consumo Eléctrico Ic (MWh/Cliente-año) de cada sistema eléctrico será determinado del Indicador I3 (Clientes/MWh) utilizado para la determinación de los sectores de distribución típicos en los procesos de fijación

ⁱ La cantidad de Sectores de Distribución Típicos se obtiene después de realizar un censo de los sistemas eléctricos pertenecientes a cada SDT con la información contenida en el Anexo C.

tarificaría a cargo del OSINERG-GART. Determinado el Indicador de Consumo Eléctrico por cada sistema eléctrico, se agrupan estos sistemas teniendo en cuenta el sector típico al cual pertenecen.

Para cada uno de los grupos de sistemas se determina el Indicador de Consumo Eléctrico Promedio ponderado en función del número de clientes, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 6: Indicador Ic ponderado por cliente por cada sector de distribución típico

Sector de Distribución	Ic Ponderado (MWh/cliente – año)ⁱⁱ
Sector de Distribución Típico Urbano de Alta Densidad	5,182
Sector de Distribución Típico Urbano de Media Densidad	2,219
Sector de Distribución Típico Urbano de Baja Densidad	1,257
Sector de Distribución Típico Urbano Rural	0,799
Sector de Distribución Típico Rural	0,632

d) Determinación de Rangos de Consumo

Por cada Nivel de Consumo, definido en la tabla anterior, se establecieron los rangos de consumo Ic en función de sus valores ponderados de la siguiente manera:

RANGO DE CONSUMO (i):

$$\frac{Ic_POND(i) + Ic_POND(i-1)}{2} < Ic < \frac{Ic_POND(i) + Ic_POND(i+1)}{2}$$

ⁱⁱ Del mismo modo que la Tabla anterior, del Anexo C, se obtiene el promedio de los Ic por cada Sector de Distribución típico.

Con lo cual se obtiene:

Tabla 7: Rangos de consumo

Niveles de Consumo	Rangos de Consumo(MWh/cliente-año)
Nivel de Consumo Alto	$3,701 \leq I_c$
Nivel de Consumo Medio	$1,738 < I_c \leq 3,701$
Nivel de Consumo Bajo	$1,028 < I_c \leq 1,738$
Nivel de Consumo Urbano Rural	$0,715 < I_c \leq 1,028$
Nivel de Consumo Rural	$I_c \leq 0,715$

Aplicando los rangos, se agrupan los Sistemas Eléctricos por los Rangos de Consumo establecidos en la tabla 7 tal como se muestra en el Anexo C, determinándose el nivel de consumo de cada sistema.

e) Selección Sistemas Eléctricos Representativos por cada nivel de consumo

Aplicando los criterios mencionados anteriormente y con la información de indicadores correspondientes al año 2006, se tienen los siguientes dos sistemas seleccionados por cada nivel de consumo:

Tabla 8: Sistemas seleccionados

Niveles de Consumo	Empresa	Sistema Eléctrico
Nivel de Consumo Urbano Alto	Luz del Sur	Lima sur
	Edelnor	Lima norte
Nivel de Consumo Urbano Medio	Seal	Arequipa
	Hidrandina	Trujillo
Nivel de Consumo Urbano Bajo	Electrocentro	Huancayo
	Electronorte	Chiclayo Baja Densidad
Nivel de Consumo Urbano Rural	Electro Oriente	Bellavista-Gera-Tarapoto Rural
	Electronoroeste	Chulucanas
Nivel de Consumo Rural	Electrocentro	Valle del Mantaro 4
	Electro sur Este	Andahuaylas

En este caso, se considera el criterio de tamaño de mercado dentro de cada grupo de sistemas para escoger un sistema eléctrico representativo.

3.2 Selección de Unidades Geográficas de Nivel 1 (Distritos o localidades) dentro del Sistema Eléctrico seleccionado

Una vez determinado el sistema eléctrico representativo, se identifican los distritos y/o localidades que son atendidos por cada Sistema Eléctrico seleccionado, indicando el consumo mensual promedio (MWh), y la cantidad de clientes correspondiente. Esta información (consumo mensual y cantidad de clientes) es proporcionada por la Empresa Distribuidora de los sistemas eléctricos seleccionados.

a) Agrupación de las Unidades Geográficas de Nivel 1 por Rangos de Consumo

Con la información indicada anteriormente se calcula el indicador I_c (MWh/cliente – año) por cada Unidad Geográfica de Nivel 1 (en adelante UG1), y se agrupa según el Rango de Consumo mostrado en la tabla 7.

Tabla 9: Agrupación de UG1

Distrito	Consumo	I_c	Nivel de consumo
Distrito 1	A	I_{c1}	Nivel de consumo alto
Distrito 2	B	I_{c2}	Nivel de consumo alto
Distrito 3	C	I_{c3}	Nivel de consumo medio
Distrito 4	D	I_{c4}	Nivel de consumo medio
Distrito 5	E	I_{c5}	Nivel de consumo medio
Distrito 6	F	I_{c6}	Nivel de consumo bajo
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
Distrito n	G	I_{cn}	Nivel de consumo bajo

b) Selección de las Unidades Geográficas de Nivel 1

Se agrupan por nivel de consumo las UG1.

Para cada conjunto de distritos y/o localidades, agrupados por niveles de consumo, se determinan los valores promedios del Indicador de consumo.

Tabla 10: Niveles de consumo y Ic Promedio

Niveles de Consumo	Ic Promedio (MWh/cliente – año)
Nivel de Consumo Urbano Alto (NCA)	Ic Promedio (NCA)
Nivel de Consumo Urbano Medio (NCM)	Ic Promedio (NCM)
Nivel de Consumo Urbano Bajo (NCB)	Ic Promedio (NCB)
Nivel de Consumo Urbano Rural (NCUR)	Ic Promedio (NCUR)
Nivel de Consumo Rural (NCR)	Ic Promedio (NCR)

Los distritos seleccionados, serán aquellos cuyo Ic se aproximen al valor promedio, definido en la tabla anterior.

Tabla 11: Unidades Geográficas UG1 Seleccionadas

Sistema Eléctrico	Niveles de consumo	Distritos	MWh/cliente/año
Sistema Eléctrico 1	Sector de Consumo Alto	Distrito (SCA)	A
	Sector de Consumo Medio	Distrito (SCM)	B
	Sector de Consumo Bajo	Distrito (SCB)	C
	Sector de Consumo Urbano Rural	Distrito (SCUR)	D
	Sector de Consumo Rural	Distrito (SCR)	E

3.3 Selección de Unidades Geográficas de Nivel 2 (Subestaciones de Distribución) dentro de la Unidad Geográfica de Nivel 1

Para cada UG1 seleccionada (distrito, centro poblado, localidad, etc.) se debe disponer de la información de la zonificación urbana, misma que es resultado de

un estudio de urbanismo efectuado por un organismo especializado. En el caso de la provincia de Lima este organismo es el INSTITUTO METROPOLITANO DE PLANIFICACION. En caso de ausencia de esta información (sobre todo en las localidades pequeñas de interior del país) se requerirá un informe de un profesional urbanista que define este parámetro.

La selección de las unidades geográficas de nivel 2 (en adelante UG2) deberá tener en cuenta la zonificación correspondiente.

En esta parte de la metodología se seleccionarán las Subestaciones de Distribución de los distritos seleccionados, formando una Base de Datos con los siguientes campos:

- Empresa Distribuidora
- Sistema Eléctrico
- Distrito
- Zonificación Urbana
- Código de SED
- Consumo de energía en kWh mensual
- Demanda Máxima total en kW para el mismo mes de la energía
- Demanda Máxima en kW del sistema de alumbrado publico
- Cantidad de clientes

Esta información será proporcionada por la Empresa Distribuidora a excepción de la zonificación urbana.

Selección de muestra representativa de UG2 (SED)

Teniendo en cuenta que la cantidad de SED es muy grande tanto por sistema eléctrico como por distrito es necesario establecer una muestra representativa.

La muestra representativa de Subestaciones de Distribución (SED) para la realización de las mediciones de los parámetros eléctricos y determinar con ellos

los factores de simultaneidad se obtendrá siguiendo los criterios establecidos en un estudio estadístico.

Este estudio estadístico considerara para la estratificación rangos de consumo, rangos del número de clientes y zonificación urbana. El estudio estadístico indicara lo siguiente por sistema eléctrico:

- Tamaño de muestra representativa del número de SED
- Esta muestra estará estratificada por rango de número de clientes, rango de consumo de energía y zonificación urbana.

Determinación de Demanda Máxima por SED

A la muestra de SED definida anteriormente se efectuarán los registros de carga de 24 horas, con el fin de obtener la Demanda Máxima por Subestación de Distribución.

En el siguiente procedimiento se detalla la secuencia del proceso de determinación de la Demanda Máxima de la muestra de SED.

- Se necesita la Base de datos de las subestaciones de distribución seleccionadas como muestra para este trabajo;
- Realizar un estudio estadístico para determinar la selección de la muestra representativa;
- Obtener mediante el registro de carga de 24 horas para la obtención de la máxima demanda;
- Finalmente se tendrá la muestra representativa de subestaciones de distribución con su máxima demanda registrada.

Determinación de la Demanda Máxima de Clientes por SED

Para determinar la Demanda Máxima por cliente de cada subestación de distribución de la muestra representativa, se seguirá el proceso indicado a continuación:

- Se debe tener la lista de clientes por SED con la siguiente información como mínimo:

Nº de suministro,

Consumo de energía;

- Estratificar esta información por Nivel de Consumo;

- Calcular el promedio por cada nivel de consumo;

- Identificar los clientes que se aproximen al promedio de cada rango de consumo;

- Se realiza el proceso de medición de los suministros identificados para el cálculo de la máxima demanda;

- Determinar la máxima demanda calculada por los demás clientes por nivel de consumo proporcional a la energía consumida;

- Se obtendrá la lista de clientes por SED con la siguiente información:

Nº de suministros,

Consumo de energía,

Máxima demanda.

3.4 Determinación de Factores para el Sistema de Distribución

a) Información Obtenida de las mediciones

De los resultados de las mediciones descritas en el punto 3.3.2 se obtiene la siguiente información:

Tabla 12: Formato de Información de las mediciones

SED	DM SED	Ciente 1	Ciente 2	Ciente 3	Ciente 4	Ciente 5	.....
SED	DMt	DM1	DM ²	DM3	DM4	DM5	.....
SED	DMt	DM1	DM ²	DM3	DM4	DM5	.....
SED	DMt	DM1	DM ²	DM3	DM4	DM5	.....
.....						

DM: Demanda Máxima

Para los casos donde la cantidad de clientes es muy grande, dado que las mediciones se efectuarán para una muestra representativa, se asumirá que todos los clientes no medidos mantienen el comportamiento de los clientes medidos por nivel de consumo.

Adicionalmente se cuenta con la siguiente información:

- Empresa Eléctrica
- Sistema Eléctrico
- Nivel de Consumo
- Zonificación (Distrito o Localidad)
- Rango de N° de clientes por SED

b) Cálculo del Factor de Simultaneidad

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$fs = \frac{DMt}{\sum_{i=1}^n DMi}$$

Donde:

fs : Factor de Simultaneidad

DMt : Demanda Máxima total de la SED (kW)

DMi : Demanda Máxima del Cliente i (kW)

c) Resultados obtenidos

Aplicando la fórmula indicada en el literal b), tendremos los factores de simultaneidad para el sistema eléctrico representativo de acuerdo al cuadro siguiente:

Tabla 13: Factores de simultaneidad por rango consumo, de clientes y su zonificación

DISTRITO	RANGO CONSUMO	RANGO N° CLIENTES	ZONIFICACIÓN						
			R1	R1-S	R2	R3	R4	R5	R6
DISTRITO 1	Rango 1	Rango 1							
		:							
		Rango n							
	Rango 2	Rango 1							
		:							
		Rango n							
	Rango 3	Rango 1							
		:							
		Rango n							
DISTRITO 2	Rango 2	Rango 1							
		:							
		Rango n							
	Rango 3	Rango 1							
		:							
		Rango n							
	Rango 4	Rango 1							
		:							
		Rango n							
DISTRITO 3	Rango 1	Rango 1							
		:							
		Rango n							
	Rango 3	Rango 1							
		:							
		Rango n							
	Rango 4	Rango 1							
		:							
		Rango n							

d) Factores representativos del sistema eléctrico evaluados

En el cuadro anterior proporcionará valores de factores de simultaneidad por rango de número de clientes, rango de consumo de energía, zonificación, distrito y sistema eléctrico.

Por tanto es necesario obtener a partir de esos valores de factor de simultaneidad, valores por rango de número de clientes que representen a todo el sistema eléctrico.

Estos factores de simultaneidad para el sistema de distribución se obtendrán de la ponderación de los valores obtenidos en función su energía.

Tabla 14: Factores de simultaneidad por rango de clientes

RANGO N° CLIENTES	UNIFAMILIAR	MULTIFAMILIAR
Rango 1		
Rango 2		
Rango 3		
Rango 4		
:		
:		
:		
:		
:		
:		
:		
Rango n		

e) Factor de simultaneidad representativa de todos los sistemas eléctricos

Con los factores de simultaneidad determinados para varios sistemas eléctricos representativos, se debe establecer un solo conjunto de valores. Para tal efecto se debe tomar como factor de ponderación la energía involucrada de los clientes de baja tensión.

3.5 Determinación de Factores para el Sistema de Utilización para cada Cliente de una Muestra Representativa

a) Selección de la muestra de clientes representativa

De los clientes seleccionados como muestra representativa para el cálculo del factor de simultaneidad del sistema de distribución, se seleccionara en forma aleatoria a un cliente por cada subestación de distribución representativa establecida en el numeral 3.3.

b) Determinación de las demandas máximas en el alimentador principal y en los circuitos derivados

Se efectuara mediciones a los clientes seleccionados, para obtener la Demanda Máxima del alimentador principal y de los circuitos derivados del tablero general.

Esta información deberá permitir llenar el cuadro siguiente:

Tabla 15: Formato de información de los clientes seleccionados

Cliente Nº Suministro	Demanda Máxima Alimentador principal	Demanda Máxima por circuito derivado					
		Carga Básica ⁱⁱⁱ	Cargas Especiales ^{iv}				
			Therma	Cocina eléctrica	.....	.....	Calefacción
	DM1	DMCB1	DMT1	DMC1	.....	.....	DMCL1
	DM ²	DMCB2	DMT2	DMC2	.....	.....	DMCL2
	DM3	DMCB3	DMT3	DMC3	.....	.....	DMCL3
	DM4	DMCB4	DMT4	DMC4	.....	.....	DMCL4
	DM5	DMCB5	DMT5	DMC5	.....	.....	DMCL5
	DM6	DMCB6	DMT6	DMC6	.....	.....	DMCL6

	DMn	DMCBn	DMTn	DMCn	.....	.....	DMCLn

c) Carga total instalada

Mediante encuestas a los clientes se obtendrá información del equipamiento eléctrico con que cuenta en sus viviendas. Este equipamiento, nos dará a conocer la carga total instalada, la carga básica y las cargas especiales, según:

- **Cargas Instaladas Básicas**, conformada por cargas tal como:
 - a) Alumbrado
 - b) Carga de tomacorrientes

ⁱⁱⁱ Cargas Básicas, considera cargas de alumbrado y tomacorriente

^{iv} Carga Especiales, considera cargas tales como termas, cocinas eléctricas, calefacción, secadora de ropa, aire acondicionado, etc., si corresponden.

- **Cargas Instaladas Especiales**, conformada por cargas tal como
 - a) Cocina Eléctrica
 - b) Calentadores de agua par baños (termas)
 - c) Unidades fijas de calefacción
 - d) Secadoras de ropa
 - e) Otra carga de característica especial, etc.
- **Carga total instalada Total**, conformada por las cargas básicas y especiales.

d) Cálculo del Factor de Demanda para cada cliente seleccionado

- **Fórmula de Cálculo**

El factor de demanda se calculará utilizando la siguiente formula:

$$fd = \frac{DM}{CI}$$

Donde:

fd : Factor de Demanda

CI : Carga total instalada (kW)

DM : Demanda Máxima Registrada en la carga (kW)

- **Factor de Demanda de las cargas básicas**

Se obtendrá de la aplicación de la formula de cálculo considerando lo siguiente:

- Carga total instalada básica, a la carga de alumbrado y tomacorriente que no sea carga especial.

- Demanda Máxima de la carga básica, al registro de Demanda Máxima correspondiente a la carga total instalada básica.

- **Factor de Demanda de las cargas especiales.**

Se obtendrá de la aplicación de la formula de cálculo y para cada tipo de carga especial que se tenga en las viviendas, es decir cargas especiales tales como terma o calentadores de agua para baño, cocina eléctrica, aire acondicionado, secadora de ropa, etc., para este caso se considerara lo siguiente:

- Carga total instalada especial, a la carga eléctrica que corresponda al equipo especial del cual se esta evaluando su factor de demanda.
- Demanda Máxima de la carga especial, al registro de Demanda Máxima correspondiente al equipo especial del cual se esta evaluando su factor de demanda.

- **Factor de Demanda del Alimentador Principal.**

Se obtendrá de la aplicación de la formula de cálculo considerando lo siguiente:

- Carga total instalada, a la carga total instalada básica y la suma de las cargas instaladas especiales.
- Demanda Máxima Total, al registro de Demanda Máxima correspondiente a la carga total instalada.

3.6 Determinación de Factores para el Sistema de Utilización

De la aplicación descrita en el numeral 3.5 se tienen los valores de factores de demanda para cada cliente representativo seleccionado. Es entonces necesario obtener a partir de esos valores por cliente, valores de factores de demanda de aplicación general para el sistema de utilización. Estos factores de demanda para el sistema de utilización se obtendrá de la ponderación de los valores obtenidos por cada cliente en función su energía registrada.

IV. DESARROLLO APLICATIVO DE LA METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE LOS FACTORES DE SIMULTANEIDAD Y FACTORES DE DEMANDA

4.1 Calculo del factor de simultaneidad

4.1.1 Alcances

Para el desarrollo de la metodología explicada tomaremos como ejemplo el Sistema Eléctrico Lima Sur

4.1.2 Selección de Unidades Geográficas de Nivel 1 (Distritos)

Los distritos seleccionados se muestran en el tabla siguiente, de acuerdo a la información mostrada en el Anexo D y E.

Tabla 16: Distritos seleccionados

Sistema Eléctrico	Distritos ^v	MWh/cliente/año	Niveles de consumo
Lima Sur	La Molina / San Borja/Surco	5,01/4,84/4,41	Sector de Consumo Alto
	San Juan de Miraflores/ Chosica	2,51/2,73	Sector de Consumo Medio
	San Mateo	1,52	Sector de Consumo Bajo
	Callahuanca	1,07	Sector de Consumo Urbano Rural
	Carampoma	0,64	Sector de Consumo Urbano Rural

^v Se ha seleccionado más de un distrito para tener información de todas las zonificaciones urbanas residenciales

4.1.3 Selección de Unidades Geográficas de Nivel 2 (Subestaciones de Distribución)

La Base de datos de Subestaciones de Distribución seleccionadas se encuentra en el Anexo F con los siguientes campos:

- Empresa Distribuidora.
- Sistema Eléctrico.
- Código de Sed.
- Distrito.
- Zonificación Urbana.
- Consumo de energía en kWh mensual.
- Clientes.
- Máxima Demanda total en kW para el mismo mes de la energía.
- Máxima Demanda en kW del sistema de alumbrado publico.

4.1.4 Metodo estadistico para la determinación de muestras representativas en las instalaciones de baja tensión

a) Procedimiento

Para realizar el proceso de evaluación de las unidades de baja tensión, se diferenciará la población por estratos, los cuales están constituidos por el agrupamiento de las subestaciones diferenciadas por su zonificación, consumo promedio y el número de clientes con las que cuenta.

Tabla 17: SED por distrito

Subestaciones de Distribución (SED)	
Distrito	Total ^{vi}
Callahuanca	4
Carampoma	1
La Molina	98
San Borja	20
San Juan de Miraflores	135
San Mateo	8
Santiago de Surco	142

Tabla 18 : Clasificación de acuerdo a la zonificación

SED	Zonificación													Total General ^{vii}
Distrito	C2	C3	CP	I1-R3	I1-R4	I2	R1	R1-S	R2	R3	R4	R5	R6	
Callahuanca			4											4
Carampoma			1											1
La Molina	2						20	31	16	18	11			98
San Borja		3					1		7	3		6		20
San Juan de Miraflores				2	3	1				27	102			135
San Mateo			8											8
Santiago de Surco		5			9		6	3	49	20	47	1	2	142
Total General	2	8	13	2	12	1	27	34	72	68	160	7	2	408

^{vi} Esta información se obtiene realizando un conteo en el Anexo F.

^{vii} Esta información se obtiene realizando un conteo en el Anexo F.

Considerando que las unidades a evaluarse SEDs, presentan una distribución muy desigual dentro de los distritos en evaluación, estos se han dividido en clases o rangos, a su vez estos rangos de consumo han sido subdivididos en rangos de N° de clientes de acuerdo a lo indicado en las siguientes tablas:

Tabla 19: Rangos de consumo

Rangos de consumo			
1	73	33269	[73 - 33269]
2	33269	66465	<33269 – 66465]
3	66465	99661	<66456 – 99661]
4	99661	132857	<99661 – 132857]
5	132857	166053	<132857 – 166053]
6	166053	199249	<166053 – 199249]
7	199249	232445	<199249 – 232445]
8	232445	265641	<232445 – 265641]
9	265641	298837	<265641 - 298837]

Tabla 20: Rangos por número de clientes

Rangos de numero de clientes			
1	73	199	[73 - 199]
2	199	325	<199 – 325]
3	325	451	<325 – 451]
4	451	576	<451 – 576]
5	576	702	<576 – 702]
6	702	828	<702 – 828]
7	828	954	<828 – 954]

En general, la población a evaluarse, se encuentra distribuida de acuerdo a lo indicado en la siguiente tabla:

Tabla 21: Población total de SED a evaluar

CANTIDAD DE SED			ZONIFICACIÓN														Total general
DISTRITO	RANGO CONSUMO	RANGO N° CLIENTES	C2	C3	CP	I1-R3	I1-R4	I2	R1	R1-S	R2	R3	R4	R5	R6		
CALLAHUANCA	[73 - 33269] (1)	[1 - 126] (1)			4											4	
CARAMPOMA	[73 - 33269] (1)	[1 - 126] (1)			1											1	
LA MOLINA	[73 - 33269] (1) <33269 - 66465] (2)	[1 - 126] (1)	2						12	26	4	3	3			50	
		<126 - 252] (2)											7			7	
		[1 - 126] (1)							4	5						9	
		<126 - 252] (2)							1		6	9				16	
		<252 - 378] (3)											1			1	
	<66465 - 99661] (3) <99661 - 132857] (4)	<126 - 252] (2)									4	1				5	
		<252 - 378] (3)									2	2				4	
		<126 - 252] (2)							3							3	
		<252 - 378] (3)										3				3	
		<126 - 252] (2)		3							3	1			1	8	
SAN BORJA	[73 - 33269] (1) <33269 - 66465] (2)	[1 - 126] (1)		3							3	1			1	1	
		<126 - 252] (2)									2				4	3	
		[1 - 126] (1)							1							4	
		<126 - 252] (2)										1				1	
		<252 - 378] (3)											1			1	
	<66465 - 99661] (3) <132857 - 166053] (5) <265641 - 298837] (9)	<126 - 252] (2)									1					1	
		<378 - 504] (4)										1				1	
		<756 - 883] (7)														1	
		[1 - 126] (1)					2	1				5	44			52	
		<126 - 252] (2)					1					5	35			41	
SAN JUAN DE MIRAFLORES	[73 - 33269] (1) <33269 - 66465] (2)	<252 - 378] (3)										2	8			10	
		<126 - 252] (2)				1						4	5			10	
		<252 - 378] (3)										6	5			11	
		<378 - 504] (4)											4			4	
		<126 - 252] (2)										1				1	
	<66465 - 99661] (3) <99661 - 132857] (4) <132857 - 166053] (5) <166053 - 199249] (6)	<252 - 378] (3)				1								1		1	
		<378 - 504] (4)														1	
		<504 - 630] (5)											1			1	
		<504 - 630] (5)														1	
		<756 - 883] (7)										2				2	
SAN MATEO	[73 - 33269] (1)	[1 - 126] (1)			6											6	
		<126 - 252] (2)			2											2	
SANTIAGO DE SURCO	[73 - 33269] (1) <33269 - 66465] (2)	[1 - 126] (1)		4			3		1		18	3	17		1	47	
		<126 - 252] (2)		1			3					2	6			12	
		<252 - 378] (3)											1			1	
		[1 - 126] (1)							5		12	1				18	
		<126 - 252] (2)					2				9	6		9	1	27	
	<66465 - 99661] (3) <99661 - 132857] (4)	<252 - 378] (3)				1							7		1	9	
		<378 - 504] (4)											2			2	
		<630 - 756] (6)												1		1	
		[1 - 126] (1)								1						1	
		<126 - 252] (2)								1	1					2	
	<132857 - 166053] (5) <265641 - 298837] (9)	<252 - 378] (3)									1	7	2			10	
		<504 - 630] (5)												1		1	
		<126 - 252] (2)							1		2					3	
		<252 - 378] (3)									4	1				5	
		<630 - 756] (6)											1			1	
<378 - 504] (4)										1			1		1		
<265641 - 298837] (9)	<630 - 756] (6)									1					1		
TOTAL SED			2	8	13	2	12	1	27	34	72	68	160	7	2	408	

b) Plan de Muestreo, Tamaño y Asignación de la muestra

- Plan de Muestreo

El plan de muestreo adoptado es un diseño muestral aleatorio estratificado con asignación proporcional sobre el tipo de zonificación, asignándose tamaños de muestra a las zonificaciones y rangos de consumo cuya presencia es mas representativa en la localidad o distrito.

- Tamaño de Muestra

Para el cálculo del tamaño de se han considerado tres factores:

- El porcentaje de confianza con el cual se quiere generalizar los datos desde la muestra hacia la población;
- El Porcentaje de error que se pretende aceptar y el nivel de variabilidad;
- La variabilidad es la probabilidad con que se acepta y se rechaza alguna hipótesis previa a la investigación. Dado que se trata de una población finita, aplicaremos la siguiente formula:

El tamaño de muestra esta representado por la aplicación:

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2 N}{NE^2 + Z^2 \sigma^2}$$

N= Tamaño de la población

n= Tamaño de la muestra

Z= es la abscisa de la curva normal que corta un área de α en las colas de la distribución normal (1.96 para un 95% de confianza)

σ = Es la variabilidad (máxima = 0.5)

E = Error de estimación o precisión deseada para la estimación. (0.1)

Los niveles de confianza se obtienen a partir de la distribución normal y representan los valores tabulares del área simétrica bajo la curva normal.

De la aplicación de la formula anterior se obtiene una muestra preliminar de 78 subestaciones.

La muestra elegida será distribuida proporcionalmente a la presencia de cada distrito y zonificación en la población, considerando como criterio inicial el tamaño de la zona y su representatividad dentro del Distrito.

Esta muestra de SEDs, será asignada a zonificaciones en los distritos y en los rangos de consumo y N° de clientes más representativos.

Tabla 22: Distribución de muestra de subestaciones por zonificación

ZONIFICACIÓN													Total general
C2	C3	CP	I1-R3	I1-R4	I2	R1	R1-S	R2	R3	R4	R5	R6	
2	8	13	2	12	1	27	34	72	68	160	7	2	408
0%	2%	3%	0%	3%	0%	7%	8%	18%	17%	39%	2%	0%	100%
0	2	3	0	2	0	5	7	14	13	31	1	0	78

Sin embargo los tamaños de muestra pueden estar garantizados en cuanto a la confiabilidad estadística y su representatividad estará sustentada en la composición de la muestra final y en la forma de selección de los puntos a evaluar.

- **Asignación de la Muestra**

La Distribución de la muestra final queda explicada por la siguiente tabla:

Tabla 23: Muestra seleccionada por SED

CANTIDAD DE SED			ZONIFICACIÓN									
DISTRITO	RANGO CONSUMO	RANGO N° CLIENTES	C3	CP	I1-R4	R1	R1-S	R2	R3	R4	R5	Total general
CALLAHUANCA	[73 - 33269] (1)	[1 - 126] (1)		1								1
LA MOLINA	[73 - 33269] (1)	[1 - 126] (1)				2	5	1	1	1		10
		<126 - 252] (2)								1		1
	<33269 - 66465] (2)	[1 - 126] (1)				1	2					3
		<126 - 252] (2)						1	2			3
	<66465 - 99661] (3)	<126 - 252] (2)						1				1
		<252 - 378] (3)							1			1
	<99661 - 132857] (4)	<126 - 252] (2)				1						1
		<252 - 378] (3)						1			1	
SAN BORJA	[73 - 33269] (1)	[1 - 126] (1)	1					1				2
	<33269 - 66465] (2)	[1 - 126] (1)						1				1
		<126 - 252] (2)									1	1
SAN JUAN DE MIRAFLORES	[73 - 33269] (1)	[1 - 126] (1)							1	9		10
		<126 - 252] (2)							1	7		8
		<252 - 378] (3)								2		2
	<33269 - 66465] (2)	<126 - 252] (2)							1	1		2
		<252 - 378] (3)							1	1		2
		<378 - 504] (4)								1		1
SAN MATEO	[73 - 33269] (1)	[1 - 126] (1)		1								1
		<126 - 252] (2)		1								1
SANTIAGO DE SURCO	[73 - 33269] (1)	[1 - 126] (1)	1		1			4	1	3		10
		<126 - 252] (2)			1					1		2
	<33269 - 66465] (2)	[1 - 126] (1)				1		2				3
		<126 - 252] (2)						2	1	2		5
		<252 - 378] (3)								1		1
	<66465 - 99661] (3)	<252 - 378] (3)							2	1		3
	<99661 - 132857] (4)	<252 - 378] (3)						1				1
TOTAL MUESTRA			2	3	2	5	7	14	13	31	1	78

De la agrupación mostrada en la tabla final, se seleccionaran las subestaciones con las zonificaciones y rangos de consumo especificados.

A fin de evitar la elección de rangos de consumos que están por sobre o por debajo de los rangos promedios y que pueden ser considerados datos individuales y puedan causar distorsión a los resultados dentro de los rangos establecidos, se seleccionaran SEDs que estén alrededor del centro del rango o valor promedio del rango.

Consideraciones adicionales:

Una vez elegidas las SED a muestrear se debe considerar la elección de los clientes, para este fin se deberá realizar lo siguiente.

La elección de una muestra de clientes será considerando los mismos criterios anteriormente mencionados para el tamaño de muestra y su asignación puede ser completamente aleatoria y en aquellas SEDs previamente seleccionadas

La elección de las unidades se deberá realizar en forma aleatoria no estando sesgada por algún tipo de criterio del muestreador (muestra probabilística) a fin de asegurar la validez de la esta.

4.1.5 Selección de la muestra representativa de Subestaciones de Distribución

La muestra de SED para la realización de las mediciones de los parámetros eléctricos y determinar con ellos los factores de simultaneidad se obtiene siguiendo los criterios establecidos por el método estadístico mostrado en el numeral anterior y cuyos resultados se mostraron en la Tabla 23, la muestra de las 78 SED seleccionadas se encuentra en el Anexo G.

4.1.6 Cálculo del factor de simultaneidad

Para el cálculo del factor de simultaneidad se sigue el siguiente proceso:

Obtención de la Demanda Máxima de la muestra de Subestaciones de Distribución

- Muestra representativa de las subestaciones de distribución (78 SEDs);
- Registrar la carga durante 24 horas para la obtención de la máxima demanda;
- Se obtiene finalmente la muestra representativamente de subestaciones de distribución con máxima demanda registrada.

Obtención de la Demanda Máxima de la muestra de Subestaciones de Distribución

- Lista de clientes por SED:
- Nº de suministros,
- Consumo de energía;

- Estratificar por nivel de consumo;
- Calculo del promedio por cada nivel de consumo;
- Identificar los clientes que se aproximen al promedio por cada nivel de consumo;
- Procesar la medición de los suministros identificados para el cálculo de la maxima demanda;
- Proyectar la maxima demanda calculada para los demas clientes por nivel de consumo en forma proporcional a la energía consumida;
- Finalmente se obtendra la lista de clientes por SED:
Nº de suministros,
Consumo de energía,
Maxima demanda.

4.2 Calculo del factor de demanda

4.2.1. Determinación de Factores para el Sistema de Utilización para cada Cliente de una Muestra Representativa

a) Selección de la muestra de clientes representativa

La selección de la muestra representativa se determinará, de acuerdo a lo indicado en la metodología, en forma aleatoria de tal manera que se tome a un cliente por cada subestación de distribución representativa establecida.

Teniendo en cuenta que el desarrollo de la metodología que se esta realizando es para comprender mejor los pasos que esta metodología plantea, se tomara a manera de ejemplo como muestras los casos de las viviendas unifamiliares que se le efectuó registros de carga. Estas viviendas se les han identificado como sigue:

1.	Primavera (Surco)	R2
2.	Canova (San Borja)	R2
3.	Loma Blanca (Surco)	R3
4.	Loma del Pilar (Surco)	R3
5.	La Alborada (Surco)	R3
6.	Santa Patricia (La Molina)	R3
7.	Pamplona (S.J de Miraflores)	R4
8.	Sector 2 (Villa el Salvador)	R4
9.	Surco Viejo	R4

Los diagramas de carga respectivos se encuentran en el Anexo H.

b) Determinación de las demandas máximas en el alimentador principal y en los circuitos derivados

Se efectuó mediciones a los clientes seleccionados, para obtener la demanda máxima del alimentador principal y de los circuitos derivados del tablero general, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 24: Resumen de información de clientes seleccionados

Cliente o N° Suministro	Demanda Máxima por circuito derivado (W)					Demanda
	Cargas Básicas viii	Cargas Especiales ^{ix}				Máxima
		Terma	Cocina Eléctrica (C.E)	Secador a de Ropa (S.R.)	Calefac ción (Calf)	Alimentador principal (W)
Primavera R2	860	No tiene	No tiene	No tiene	No tiene	3 390
Canova R2	1 020	1 600	No tiene	No tiene	No tiene	1 780
Loma Blanca R3	730	1 310	No tiene	x	No tiene	3 060
Loma del Pilar R3	1 130	1490	No tiene	x	No tiene	4 210
La Alborada R3	720	1 690	No tiene	No tiene	No tiene	3 220
Santa Patricia R3	970	1 440	No tiene	No tiene	No tiene	1 710
Pamplona R4	700	x	No tiene	No tiene	No tiene	700
Sector 2 R4	750	No tiene	No tiene	No tiene	No tiene	750
Surco Viejo R4	550	No tiene	No tiene	No tiene	No tiene	550

c) Carga Conectada

Mediante encuestas a los clientes se obtendrá información del equipamiento eléctrico con que cuenta en sus viviendas. Se adjunta el formato de encuesta con la información recogida de los clientes en el Anexo I.

Este equipamiento, nos dará a conocer la carga conectada total, la carga conectada básica y las cargas conectadas especiales, según, la información adjunta, tenemos:

^{viii} Cargas Básicas, considera cargas de alumbrado y tomacorriente

^{ix} Carga Especiales, considera cargas tales como termas, cocinas eléctricas, calefacción, secadora de ropa, aire acondicionado, etc., si corresponden.

^x No se instaló el equipo registrador ese día.

- **Cargas Conectas Básicas**, conformada por cargas tal como carga de alumbrado y carga de tomacorrientes para equipos electrodomésticos de potencia pequeña que no sean considerado carga especial.
- **Cargas Conectadas Especiales**, conformada por cargas tal como:
 - a) Cocina Eléctrica
 - b) Calentadores de agua para baños (termas)
 - c) Unidades fijas de calefacción
 - d) Secadoras de ropa
 - e) Otra carga de característica especial, etc.
- **Carga Conectada Total, conformada por las cargas básicas y especiales**

A continuación mostramos un cuadro resumen con información de las cargas conectadas obtenidas de las encuestas realizadas a los clientes:

Tabla 25: Resumen de Información de cargas conectadas según encuesta

Cliente o N° Suministro	Carga Conectada Básica (W)	Carga Conectada Especial (W)				Carga Conectada Total (W)
		Terma	Cocina Eléctrica (C.E)	Secadora de Ropa (S.R.)	Calefacción (Calf)	
Primavera R2	10 455	No tiene	No tiene	No tiene	No tiene	11 555
Canova R2	7 236	1 500	No tiene	No tiene	No tiene	9 836
Loma Blanca R3	6 587	1500	No tiene	2 500	No tiene	11 687
Loma del Pilar R3	7 582	1 500 x 2	No tiene	2 500	No tiene	16 728
La Alborada R3	6 867	3 000 (Ovni) 1 500	No tiene	No tiene	No tiene	14 677
Santa Patricia R3	11 123	1 500 x 2	No tiene	No tiene	No tiene	19 669
Pamplona R4	4 850	3 000 (Ovni)	No tiene	No tiene	No tiene	5 590
Sector 2 R4	2 705	No tiene	No tiene	No tiene	No tiene	3 985
Surco Viejo R4	2 218	No tiene	No tiene	No tiene	No tiene	3 318

d) Cálculo del Factor de Demanda para cada cliente seleccionado

- Fórmula de Cálculo**

El factor de demanda se calculará utilizando la siguiente formula:

$$fd = \frac{DM}{CI}$$

Donde:

fd : Factor de Demanda

CI : Carga Conectada (kW)

DM : Demanda Máxima Registrada en la carga (kW)

- **Factores de Demanda**

Los factores de demanda para las cargas conectadas básicas, especiales y para el alimentador principal, se obtendrá de la aplicación de la formula de cálculo. Se muestra a continuación los resultados obtenidos con los datos de las mediciones y las cargas conectadas obtenidas de las encuestas.

Tabla 26: Factores de demanda obtenidos

Cliente o N° Suministro	F.D. de Cargas Conectadas Básicas	F.D. de Cargas Conectadas Especiales (W)				F.D. de Alimentador Principal
		Terma	Cocina Eléctrica (C.E)	Secadora de Ropa (S.R.)	Calefacción (Calf)	
Primavera R2	8,2%					30%
Canova R2	14,1%	100%				18%
Loma Blanca R3	11,1%	87%				26%
Loma del Pilar R3	14,9%	99%				19%
La Alborada R3	10,5%	100%				29%
Santa Patricia R3	8,7%	96%				9%
Pamplona R4	14,4%					22%
Sector 2 R4	27,7%					17%
Surco Viejo R4	24,8%					19%

4.2.2. Determinación de Factores para el Sistema de Utilización

Este procedimiento se basará principalmente en la metodología planteada, teniendo como datos de entrada la información proveniente de:

- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), que dará información sobre equipamiento eléctrico en viviendas peruanas.
- Registro de demandas eléctricas efectuado en el presente estudio.

Se precisa que el factor de demanda a determinarse en este informe corresponde a los sistemas de utilización en las viviendas.

4.2.3. Vivienda Modelo para la Determinación de Valores Iniciales de los Factores de Demanda

De acuerdo a la metodología se debería establecer una muestra de viviendas representativas para la determinación de los factores de demanda en el sistema de utilización. En este sentido, dado que no se cuenta con esta muestra representativa por lo expuesto en el punto 4.2.2, considero establecer una vivienda modelo cuyo equipamiento se base en información del INEI contenida en el Compendio Estadístico 2006 en el punto 4.17 “Tenencia de Artefactos Eléctricos y/o Electrodomésticos, según Área de Residencia”

4.2.4. Carga Conectada para la Vivienda Modelo

De acuerdo a la información del INEI contenida en el Compendio Estadístico 2006 en el punto 4.17 “Tenencia de Artefactos Eléctricos y/o Electrodomésticos, según Área de Residencia”, se considerará las siguientes cargas conectadas indicadas para el sector urbano, bajo la premisa que el sector urbano nos daría las condiciones mínimas de carga conectada:

Tabla 27: Datos estadísticos de equipamiento de lo hogares

Equipamiento de los hogares	Pocentaje de hogares que utilizan dichos artefactos (%)		
	Urbano	Rural	Total
Radio	74,6	90,3	79,5
Televisor blanco y negro (14")	38,8	30,8	36,3
Televisor a color (14")	64,1	10	47,3
Equipo de sonido	35,7	6,8	26,7
Videograbadora	19	1,6	13,6
Lavadora de ropa	15,1	0,2	10,5
Refrigeradora / congeladora	52,3	4,9	37,5
Plancha	76,2	14,7	57,1
Maquina de coser	27,1	20,3	25
Computadora	10,1	0,2	7

Fuente: INEI – Instituto Nacional de Estadística e Informática

Dado que la tabla 27 no indica equipamiento de alumbrado y que este necesariamente esta presente en las viviendas, para el modelamiento de la vivienda consideraremos que el número de salidas de alumbrado será las necesarias para áreas dentro de la vivienda tal como sala, comedor, cocina, habitaciones (03), patio, baños (02), hall.

Teniendo en cuenta las áreas que se considera para la vivienda, se tendrá que el número de lámparas será:

Tabla 28: Numero de lámparas por área

Area o ambiente	Nº de lamparas
Sala	3
Comedor	1
Cocina	1
Habitaciones (03)	3
Patio	1
Baños (02)	4
Hall	1
Total de lamparas	14

Consideraremos que el equipamiento mostrado en la tabla 27 y 28 corresponderá a la carga conectada básica, dado que no se considera equipamiento especial, tal como terma eléctrica, cocina eléctrica, secadora de ropa, etc.

Teniendo en cuenta información del OSINERG, en el cual da potencia eléctrica (W) para los artefactos eléctricos, tenemos que la carga conectada será como se indica a continuación:

Tabla 29: Equipamiento Básico

Equipamiento basico	Potencia (W)
Alumbrado (14 lamp tipo ahorradoras de 15 w c/u)	210
Radio	30
Televisor Blanco y Negro (14")	80
Televisor Color (14")	80
Equipo de Sonido	110
Video grabadora	75
Lavadora de ropa	500
Refrigeradora / Lavadora	350
Plancha	1000
Maquina de Coser	126
Computadora	400
Carga Conectada Basica (W)	2961

Tabla 30: Equipamiento especial

Equipamiento Especial	Potencia (W)
Terma Electrica	1500
Cocina Electrica	4500
Secadora de Ropa	2500

4.2.5. Demanda Máximas Eléctricas de las Cargas Conectadas

Las demandas máximas que se consideran para el cálculo de los factores de demanda, se determinará teniendo en cuenta el registro de carga efectuado a las viviendas unifamiliares.

a) Demanda Máxima de las Cargas Conectadas Básicas

De los diagramas de carga correspondiente a las mediciones efectuadas a los alimentadores principales de las viviendas unifamiliares que se adjunta en el Anexo H (no se incluye en el presente análisis las mediciones efectuadas a los

departamentos del Edificio Multifamiliar Sucre, dado que será tratado en un capítulo 7: Estudio del caso especial), podemos observar que la Demanda Máxima de la carga básica que se presenta es:

Tabla 31: Demanda máxima para la carga básica por vivienda

Vivienda	Demanda Máxima para la Carga Básica (W)
Primavera R2	860
Canova R2	1 020
Loma Blanca R3	730
Loma del Pilar R3	1 130
La Alborada R3	720
Santa Patricia R3	970
Pamplona R4	700
Sector 2 R4	750
Surco Viejo R4	550

Podemos observar de la tabla 31, que la Demanda Máxima de la carga conectada básica toma valores entre 550 W y 1 130 W.

b) Demanda Máxima de las Cargas Conectadas Especiales

A continuación mencionaremos el comportamiento encontrado producto de las mediciones en las viviendas para los artefactos especiales.

Tabla 32: Demanda Máxima para cargas especiales por vivienda

VIVIENDA	Demanda Máxima (W)			
	Terma	Cocina Eléctrica	Secadora de Ropa	Calefacción (Calf)
Primavera R2	No tiene	No tiene	No tiene	No tiene
Canova R2	1 600	No tiene	No tiene	No tiene
Loma Blanca R3	1 310	No tiene	2500	No tiene
Loma del Pilar R3	1490	No tiene	2500	No tiene
La Alborada R3	1 690	No tiene	No tiene	No tiene
Santa Patricia R3	1 440	No tiene	No tiene	No tiene
Pamplona R4	Sin registro	No tiene	No tiene	No tiene
Sector 2 R4	No tiene	No tiene	No tiene	No tiene
Surco Viejo R4	No tiene	No tiene	No tiene	No tiene

V. DETERMINACION DE LOS VALORES INICIALES DE LOS FACTORES DE SIMULTANEIDAD Y DEMANDA

5.1. Determinación de valores iniciales de factor de simultaneidad

5.1.1. Información Disponible para la Determinación de valores iniciales del Factor de simultaneidad

La información disponible para el cálculo es el siguiente:

- a) Diagramas de carga diario de las Subestaciones de Distribución de la muestra seleccionada, del sistema eléctrico Lima Sur (a manera de ejemplo) y por distrito (localidades geográficas atendidas por el sistema eléctrico seleccionado).
- b) Base de datos de las Subestaciones de Distribución de la muestra seleccionadas (Resultado de la Metodología) del sistema eléctrico Lima Sur, con información de Demanda Máxima total, Demanda Máxima de Alumbrado Público, Energía mensual, cantidad de clientes, Zonificación y Distrito de cada una de las Subestaciones de Distribución.
- c) Base de datos de clientes del sistema eléctrico Lima Sur, con información de consumo de un mes típico, tarifa de cada cliente.
- d) Registros y diagramas de carga de los clientes seleccionados.

5.1.2. Procedimiento para la determinación de los valores iniciales

Con la información disponible mostrada en el numeral anterior, es necesario establecer un procedimiento para el cálculo del Factor de Simultaneidad utilizando la siguiente formula:

$$fs = \frac{DMt}{\sum_{i=1}^n DMi}$$

Donde:

fs : Factor de Simultaneidad

DMt : Demanda Máxima total de la SED (kW)

DMi : Demanda Máxima del Cliente i (kW)

A continuación se muestra el procedimiento de cálculo:

a) Determinación de Demanda Máxima total de la SED

La Demanda Máxima de cada SED se conoce, de acuerdo a lo indicado en el numeral 5.1.1.a). Sin embargo, dado que esta demanda considera también las demandas de los clientes no residenciales, será necesario determinar estas demandas y descontarlas de la demanda de la SED correspondiente

Una alternativa que se usara en el presente caso, consiste en determinar la Demanda Máxima de los clientes residenciales de cada SED a partir de la conversión a potencia de la energía total de los clientes residenciales, utilizando la forma inicial del diagrama de carga total de la SED, descontando la influencia del alumbrado público, indicado en el numeral 5.1.1.b). Esto se considera aceptable para el presente calculo, por tratarse de SED pertenecientes a una determinada zonificación urbana, dentro de la cual se asume que la influencia de cargas no residenciales es menor.

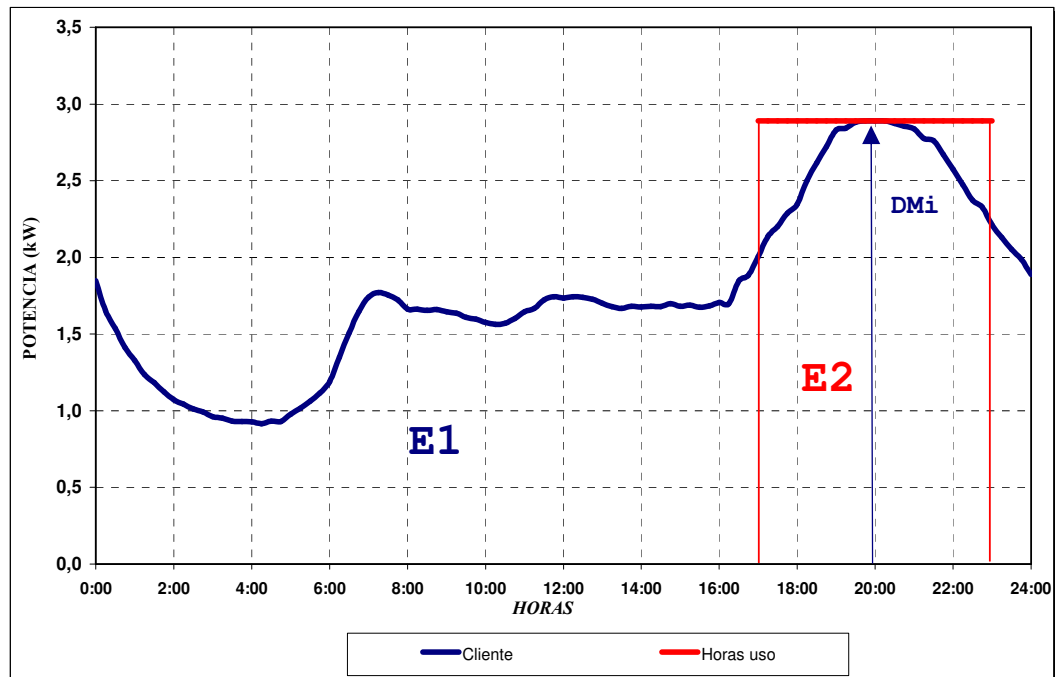
La información detallada se encuentra en el Anexo D

b) Determinación de la Demanda Máxima por cada Cliente

Para este cálculo se Identifican los Clientes pertenecientes a las Subestaciones de Distribución de la muestra, mediante un cruce de las Bases de datos indicadas en los puntos b) y c) del ítem 5.1.1.

La Demanda Máxima de cada cliente se determina a partir de la energía consumida por cada cliente, indicada base de datos de los clientes. Para tal efecto es necesario convertir la energía, dato de acuerdo al numeral 5.1.1.c), en potencia. Para implementar este cálculo no se cuenta con el Diagrama de Carga de cada cliente, por lo tanto utilizaremos el concepto de Horas Uso, que se explica en el siguiente gráfico:

Figura 5: Diagrama de carga y concepto de horas uso



$$E1 = E2 = DMi \times (hu)$$

$$DMi = \frac{E1}{hu}$$

Donde:

E : Energía (kWh)

DMi : Demanda Máxima del Cliente i (kW)

hu : Horas Uso (h)

Para efectos de la determinación de los valores iniciales del factor de simultaneidad se asumirá que el número de horas de uso promedio para los clientes alimentados de una SED es el promedio obtenido de las mediciones muestrales efectuados a clientes por cada zonificación urbana.

Horas de Uso por Zonificación, obtenidas en las mediciones efectuadas.

Tabla 33: Horas uso por zonificación

Zonificación	Horas de Uso (h)
R1	7
R1-S	7
R2	5
R3	5
R4	3
R5 o R6	4

A manera de ejemplo se muestra el cálculo de horas uso para la zonificación urbana R1 (Dichos valores han sido obtenidos mediante registros que se encuentran el Anexo H):

DMi : 4,49 kW (Demanda Máxima)

E : 30,24kWh (Energía consumida)

$$hu = \frac{30,24}{4,49} = 6,73 \text{ horas}$$

Este proceso se realizo por cada zonificación.

c) Determinación del Factor de Simultaneidad

Aplicando el procedimiento indicado en los numerales previos se obtiene el factor de simultaneidad para cada SED, de cada distrito y cada zonificación. Por tanto se tendrá como resultado lo siguiente:

Tabla 34: Factores de simultaneidad por distrito, rango de clientes y zonificación

DISTRITO	RANGO DE CLIENTES	R1-S	R1	R2	R3	R4	R5	CP
CALLAHUANCA	[51 - 100]							0,26
LA MOLINA	[11 - 20]	0,47	0,39					
	[21-30]	0,42						
	[31-40]	0,40	0,46					
	[41-50]			0,44				
	[51 - 100]	0,40	0,39					
	[101 - 200]		0,38	0,32	0,36	0,16		
	[201 - 300]			0,30	0,30			
SAN BORJA	[301 - 400]				0,28			
	[31 - 40]			0,35				
	[101 - 200]			0,31				
SAN JUAN DE MIRAFLORES	[201 - 300]						0,34	
	[51 - 100]				0,35	0,20		
	[101 - 200]				0,28	0,19		
	[201 - 300]				0,33	0,19		
	[301 - 400]				0,34	0,13		
SAN MATEO	[401 - 500]					0,23		
	[31 - 40]							0,26
SANTIAGO DE SURCO	[101 - 200]							0,18
	[51 - 100]			0,34	0,66	0,19		
	[101 - 200]		0,53	0,32		0,19		
	[201 - 300]				0,29	0,20		
	[301 - 400]			0,29	0,31	0,18		

Utilizando el mismo criterio utilizado en la metodología ítem 3.4 c) se obtiene:

Tabla 35: Factores de simultaneidad (Rango 11-500)

RANGO DE CLIENTES	Unifamiliar	Multifamiliar
[11 - 20]	0,44	
[21 - 30]	0,42	
[31 - 40]	0,41	
[41 - 50]	0,44	
[51 - 100]	0,33	
[101 - 200]	0,29	
[201 - 300]	0,25	0,34
[301 - 400]	0,26	
[401 - 500]	0,23	

Dado que en el estudio no se encontró una muestra razonable de SED en el rango de 1-10 clientes, para establecer los factores de simultaneidad en este rango se utilizara los resultados obtenidos en el numeral 7.4 estudio de caso especial.

Tabla 36: Factores de simultaneidad (Rango 1-10)

Numero de Viviendas	Factor de simultaneidad
1	1,0
2	0,9
3	0,8
4	0,7
5	0,6
6	0,5
7	0,5
8	0,5
9	0,5
10	0,5

5.1.3. Conclusiones sobre los valores iniciales del factor de simultaneidad

- El factor de simultaneidad es variable en función inversa a la variación de la cantidad de viviendas. Esta tendencia, sin embargo, tiende a amortiguarse. En el análisis efectuado de las viviendas unifamiliares el punto de inflexión se presenta en el rango 41- 50 viviendas.
- Para el rango de número de clientes entre 1 y 10 se utilizan los resultados obtenidos en el estudio de los casos especiales (viviendas multifamiliares).
- El factor de simultaneidad también es variable en función inversa a la variación de la densidad poblacional (zonificación urbana). Es decir al incrementarse la densidad poblacional decrece el valor del factor de simultaneidad.

5.2. Determinación de valores iniciales de factor de demanda Residencial

5.2.1. Demanda Máximas Eléctricas de las Cargas Instaladas

Las demandas máximas que se consideran para el cálculo de los factores de demanda, se determinará teniendo en cuenta el registro de carga efectuado a las viviendas unifamiliares.

a) Demanda Máxima de las Cargas Instaladas Especiales

A continuación mencionaremos el comportamiento encontrado producto de las mediciones en las viviendas para los artefactos especiales:

Tabla 37: Máxima demanda de cargas especiales por vivienda

VIVIENDA	Demanda Máxima (W)			
	Terma	Cocina Eléctrica (C.E)	Secadora de Ropa (S.R.)	Calefacción (Calf)
Primavera R2	No tiene	No tiene	No tiene	No tiene
Canova R2	1 600	No tiene	No tiene	No tiene
Loma Blanca R3	1 310	No tiene	2500	No tiene
Loma del Pilar R3	1490	No tiene	2500	No tiene
La Alborada R3	1 690	No tiene	No tiene	No tiene
Santa Patricia R3	1 440	No tiene	No tiene	No tiene
Pamplona R4	Sin registro	No tiene	No tiene	No tiene
Sector 2 R4	No tiene	No tiene	No tiene	No tiene
Surco Viejo R4	No tiene	No tiene	No tiene	No tiene

5.2.2. Propuesta de valores iniciales de Factores de Demanda

a) Factor de Demanda de las Cargas Instaladas Básicas

Se propone que los valores iniciales para factor de demanda para cargas básicas sea:

Factor de demanda para cargas instaladas básicas en viviendas unifamiliares y multifamiliares: 100%

b) Factor de Demanda de las Cargas Instaladas Especiales

Para este caso, de lo indicado en la Tabla 37, tenemos que:

➤ **Factor de Demanda para carga de Termas Eléctricas**

En este caso se puede ver que las termas eléctricas tienen valores de carga total instalada en el orden de 1500 W y los registros de carga (tabla 37) dan valores que oscilan entre 1 440 W y 1 690 W, se puede decir que estos trabajan a 100 % de factor de demanda.

Entonces la propuesta de factor de demanda para esta carga especial será de:

Factor de demanda para termas eléctricas o similares: 100%

➤ **Factor de Demanda para carga de Cocina Eléctrica**

Se ha podido constatar que el uso de este equipo es bajo. Según el INEI en su Compendio Estadístico en el punto 4.15 indica que solo el 2.3% de la población nacional utiliza este equipo. Asimismo, de las encuestas realizadas en las viviendas no se encontró caso alguno con cocina eléctrica.

De la Regla 050 - 200 del CNE – Utilización se deduce lo siguiente que debe ser aplicado:

Factor de demanda para cocinas eléctricas: 100%

➤ **Factor de Demanda para carga de Secadora de Ropa**

Se tiene conocimiento que el uso de este equipo es bajo. Sin embargo se incluye la experiencia española sobre este tema para ser considerado para proponer valores iniciales.

En España, El Proyecto INDEL “Atlas de la demanda eléctrica española”, incluye un diagrama de consumo de una secadora de ropa eléctrica durante el periodo de uso de este artefacto para un hogar voluntario. El diagrama es el siguiente:

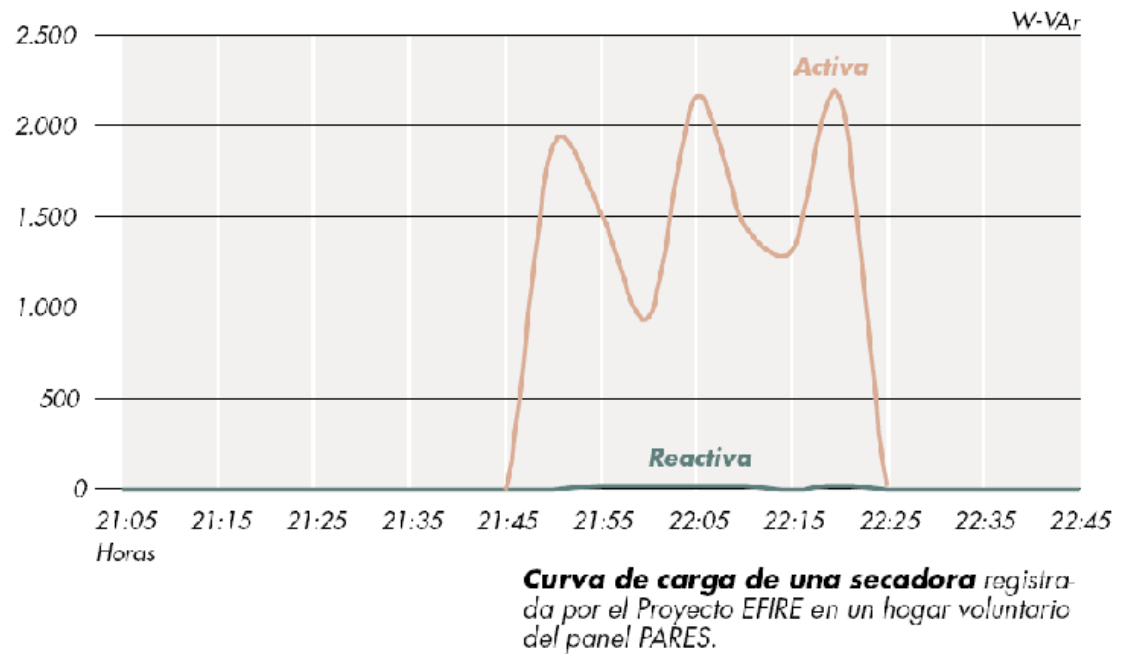


Figura 6: Curva de carga de una secadora

Podemos observar que el consumo de este equipo toma valores importantes para la carga residencial, encima de los 2000 W. Teniendo en cuenta que la potencia media de estos equipos según el estudio INDEL esta entorno a los 2100 W y mientras no se cuente con un estudio al respecto que considere una muestra representativa, se propone que el factor de demanda para este tipo de carga sea:

Factor de demanda para Secadoras de Ropa: 100%

5.2.3. Conclusiones de valores iniciales de factor de demanda

- El factor de demanda para las cargas básicas instaladas resultantes es 1,00.
- Los factores de demanda para las cargas especiales estudiadas: Termas, Cocinas eléctricas y Secadoras de ropa son iguales a la unidad (1,0).

5.3. Determinación de valores iniciales de factor de demanda Comercial

5.3.1. Composición del Sector Comercial

Se tiene conocimiento que el equipamiento presente en el sector comercial depende del rubro o giro del comercio. Entre estos rubros tenemos:

- Empresarial
- Industrial
- Espectáculos
- Hoteles
- Centros de Esparcimientos
- Restaurantes
- Centros Comerciales, etc.

Como se puede apreciar las actividades que involucre el denominado sector comercial son muy amplias y cada una consta de equipamiento eléctrico según sus necesidades y/o procesos.

Asimismo el comportamiento de la carga depende del tipo de actividad y de los procesos que involucre la operación o funcionamiento.

A manera de ejemplo incluimos a continuación un caso para el análisis:

- El caso corresponde al de una oficina tipo empresarial

5.3.2. Caso Oficina Empresarial

a. Carga total instalada

Se ha estudiado el caso de una oficina del edificio empresarial ubicado en la Av. Javier Prado Este 3040. Este equipamiento consta básicamente de lo siguientes elementos:

Computadoras Personales
Impresoras
Fotocopiadoras
Equipos de Fax
Alumbrado con predominio del uso de fluorescentes

El detalle de este equipamiento se mostró en el capítulo IV. Con la información de potencia de equipos dada por OSINERG tenemos que este equipamiento suma una carga total instalada de 1005 W.

b. Demanda Máxima

Se realizó el registro de carga para la edificación tipo oficina empresarial, del cual adjuntamos su diagrama de carga (ver Anexo J). Cuya demanda máxima registrada es de 0,73 kW.

c. Factor de Demanda

De la aplicación de la fórmula para la determinación del factor de demanda (que se indica en el punto 3.5 d), tenemos que el factor de demanda para esta edificación es:

Factor de demanda: 72,6%

5.3.3. Conclusión de Valor Inicial de Factor de Demanda Comercial

Teniendo en cuenta los casos analizados en los puntos 5.3.2 y 5.3.1 podemos observar que para estos tipos de edificaciones, el uso de los equipos eléctricos conectados es generalmente permanente, representado valores de factores demanda altos.

Considerando que no se cuenta con una muestra representativa para evaluar el factor de demanda comercial y que los casos analizados señalan una tendencia de que este factor tiene un valor alto, se concluye que el valor inicial de este factor es el siguiente:

Factor de demanda: 100%

VI. MEDICIONES DE CAMPO EFECTUADAS

6.1. Descripción del equipo usado

Mediciones realizadas para el cálculo del factor de simultaneidad y demanda

Descripción del equipo:

Equipo registrador: POWER HARMONIC ANALYSER

Marca: METREL

Pinza Amperimétrica: DIGITAL CLAMP

Marca: UNITEST

Modelo: CHB 140

6.2. Resultados

A continuación se muestran los resultados de las mediciones realizadas y sus respectivos diagramas de carga.

6.1.1. Registros obtenidos

- **Registro de subestaciones de distribución (SED)**

Ubicación	Zonificación
Santiago de Surco	R1
Santiago de Surco	R2
Santiago de Surco	R3
Villa Maria del Triunfo	R4
San Borja	R5

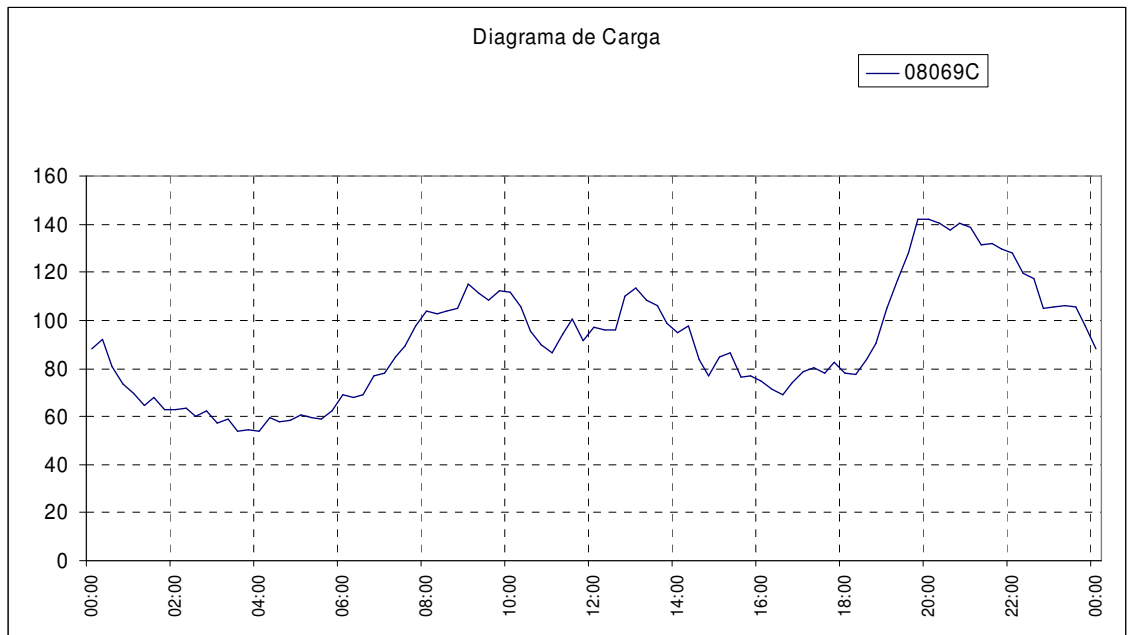
- **Registro de viviendas y comercio**

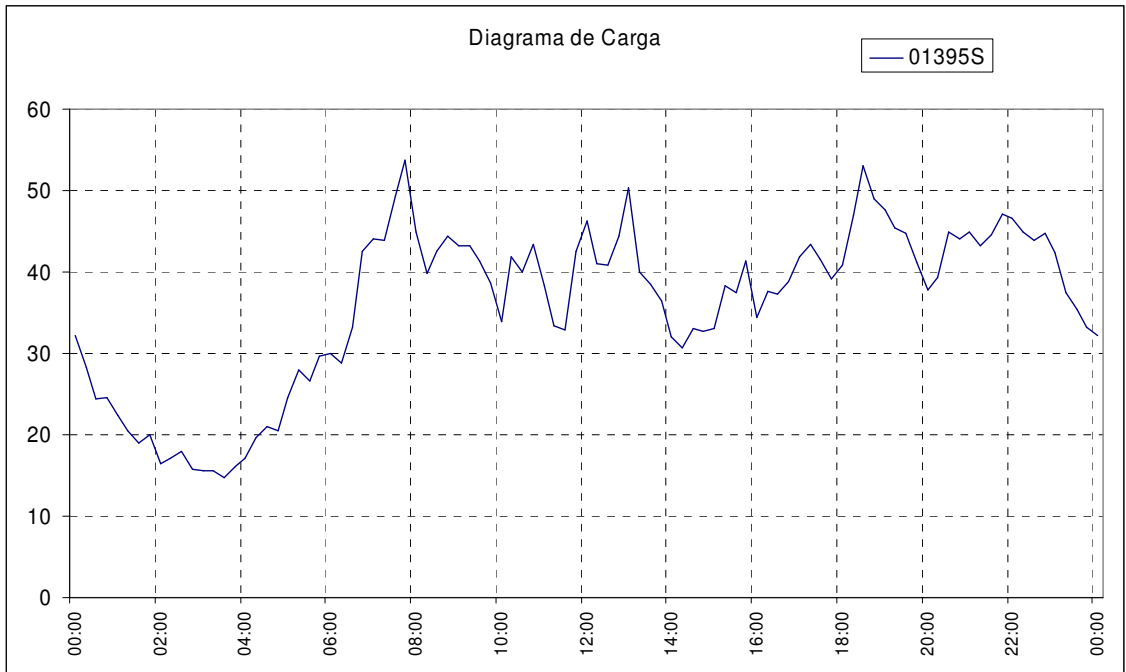
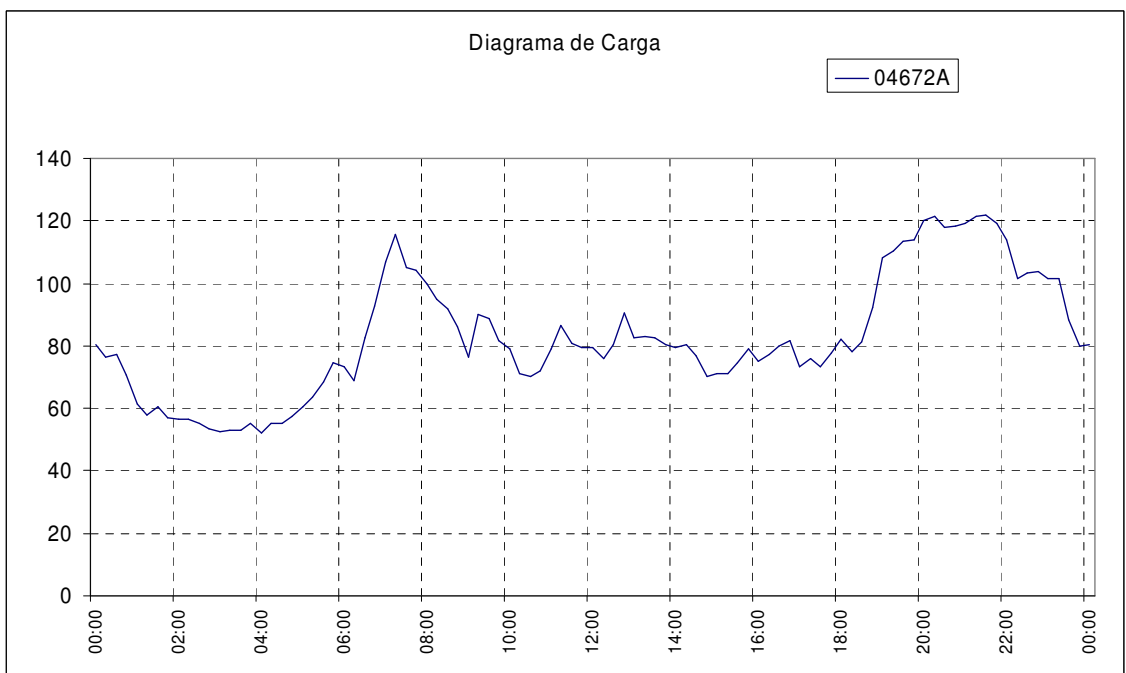
Ubicación	Zonificación
1. Buenavista (San Borja)	R1
2. Primavera (Surco)	R2
3. Canova (San Borja)	R2
4. Loma Blanca (Surco)	R3
5. Loma del Pilar (Surco)	R3
6. La Alborada (Surco)	R3
7. Santa Patricia (La Molina)	R3
8. Pamplona (San Juan de Miraflores)	R4
9. Sector 2 (Villa el Salvador)	R4
10. Surco Viejo	R4
11. Residencial Sucre (25 departamentos-caso especial)	R5
12. Dpto.101	R5
13. Dpto.102	R5
14. Dpto.102	R5
15. Dpto.103	R5
16. Dpto.104	R5
17. Dpto.105	R5
18. Dpto.201	R5
19. Dpto.202	R5
20. Dpto.203	R5
21. Dpto.204	R5
22. Dpto.205	R5
23. Dpto.301	R5
24. Dpto.302	R5
25. Dpto.303	R5
26. Dpto.304	R5
27. Dpto.305	R5
28. Dpto.401	R5

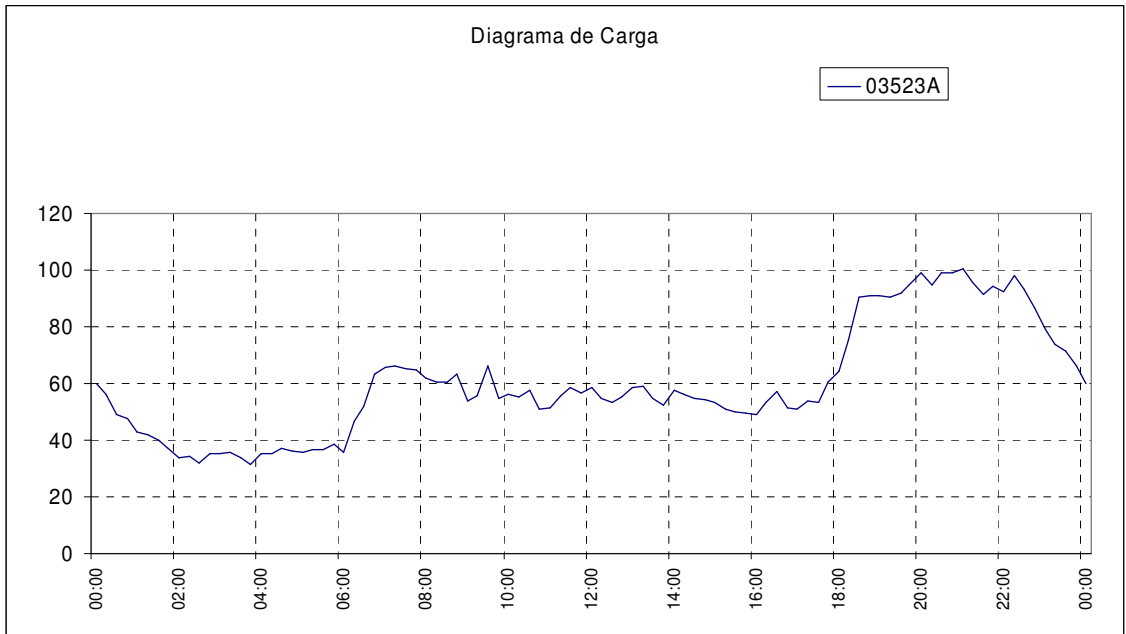
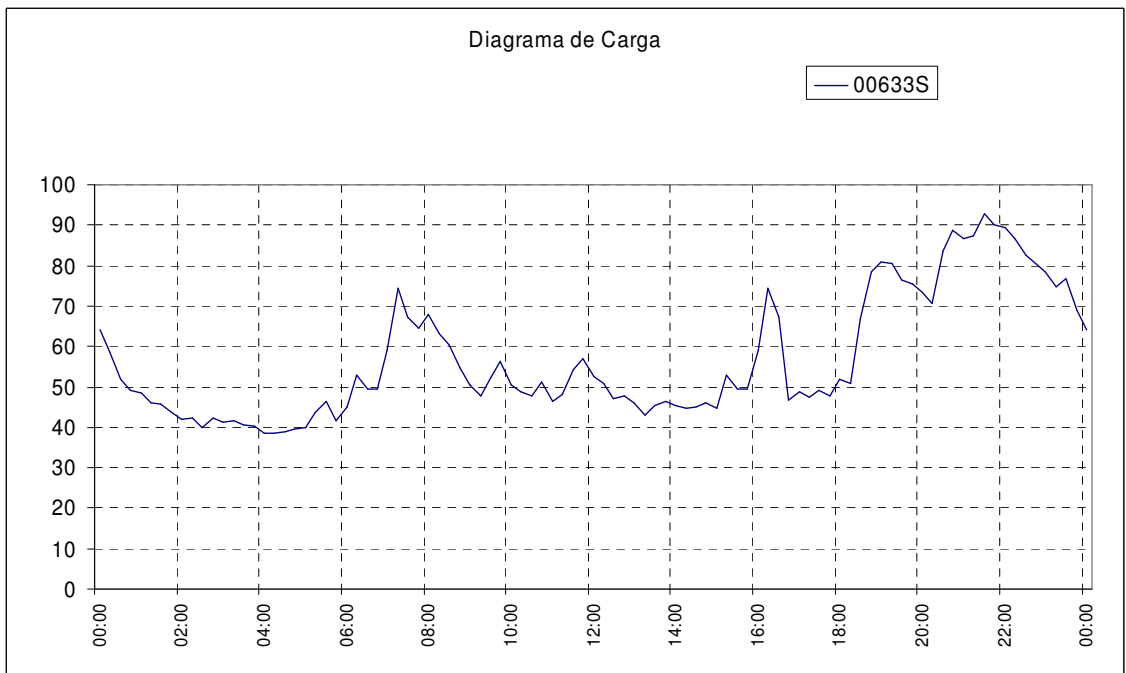
29. Dpto.402	R5
30. Dpto.403	R5
31. Dpto.404	R5
32. Dpto.405	R5
33. Dpto.501	R5
34. Dpto.502	R5
35. Dpto.503	R5
36. Dpto.504	R5
37. Dpto.505	R5
38. Javier Prado (San Borja)	C

6.1.2. Diagrama de carga de Subestaciones de Distribución

Santiago de Surco (R1) – COD. SED N° 08069C



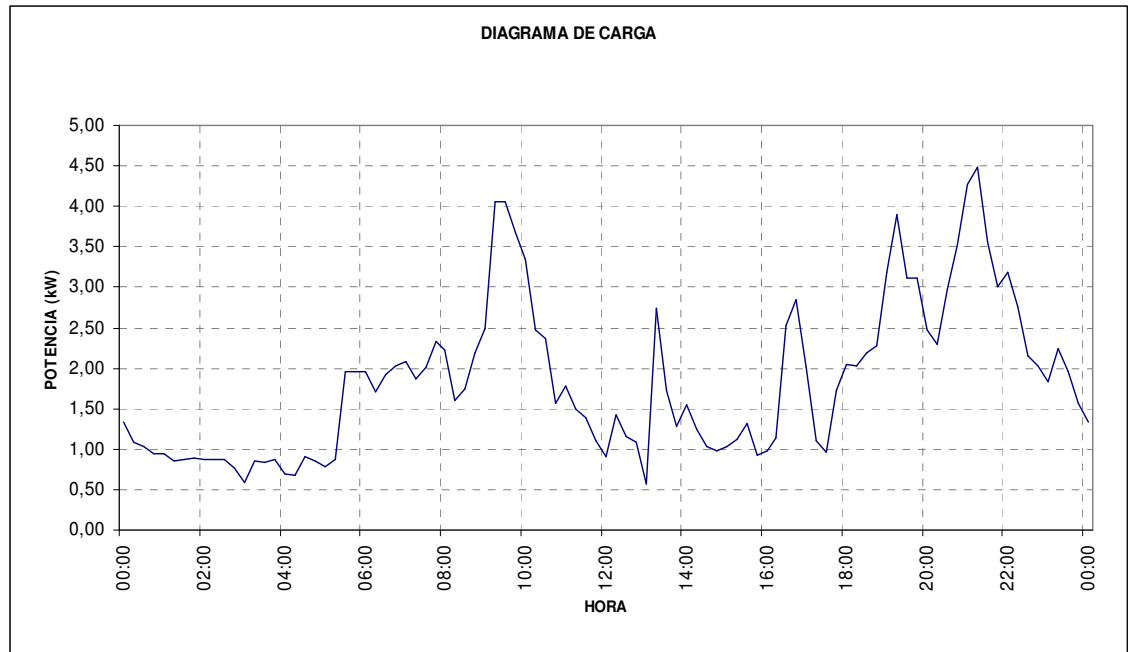
Santiago de Surco (R2) – COD. SED N° 01395S**Santiago de Surco (R3) – COD. SED N° 04672A**

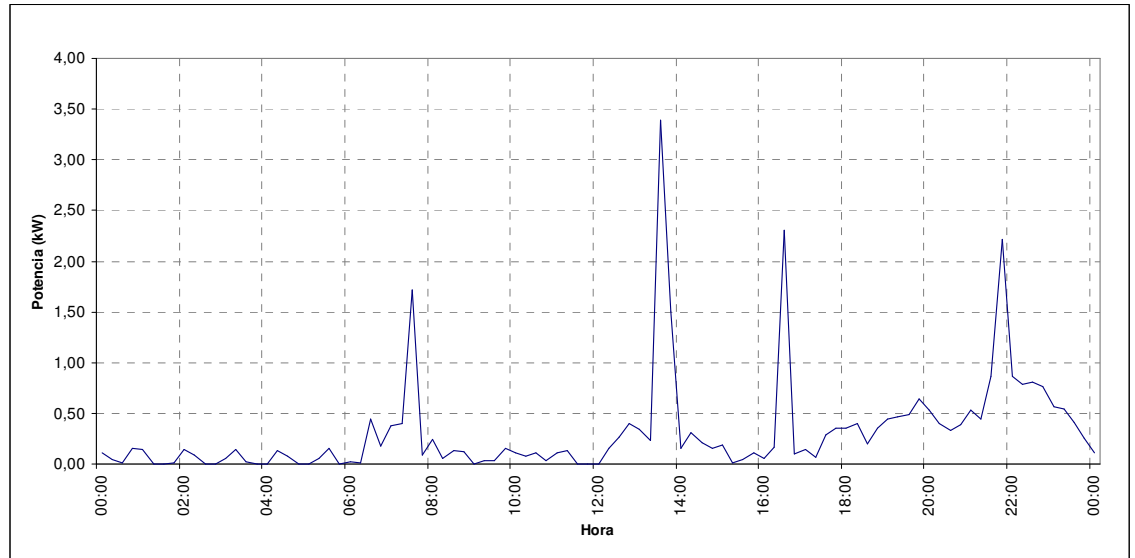
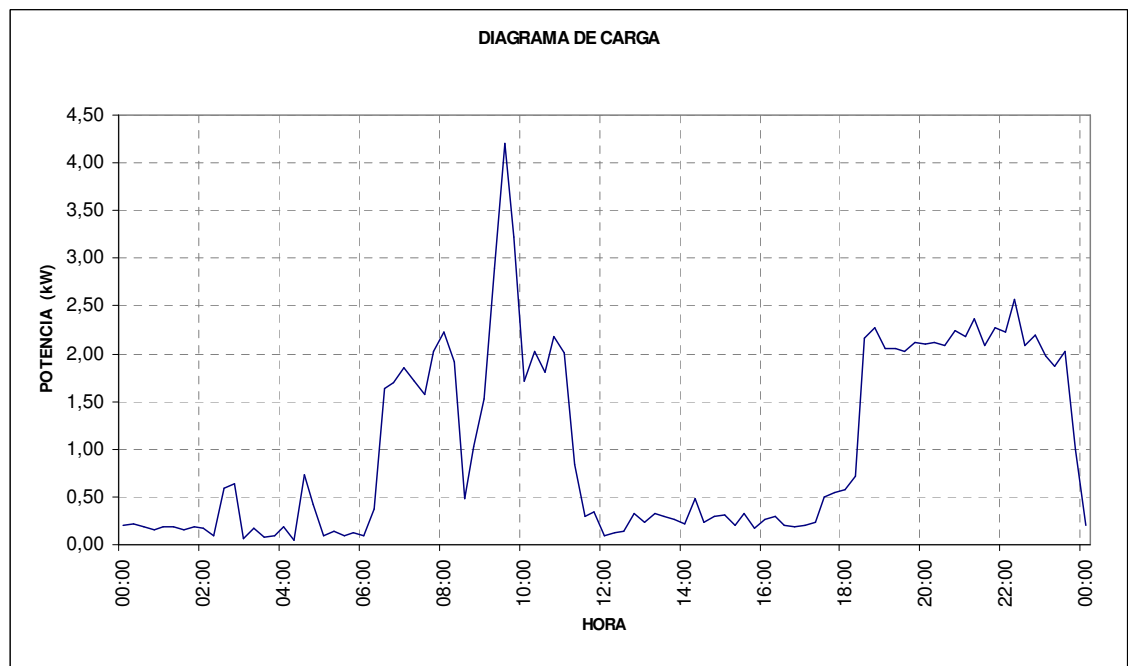
Villa Maria del Triunfo (R4) – COD. SED N° 03523A**San Borja (R5) – COD. SED N° 00633S**

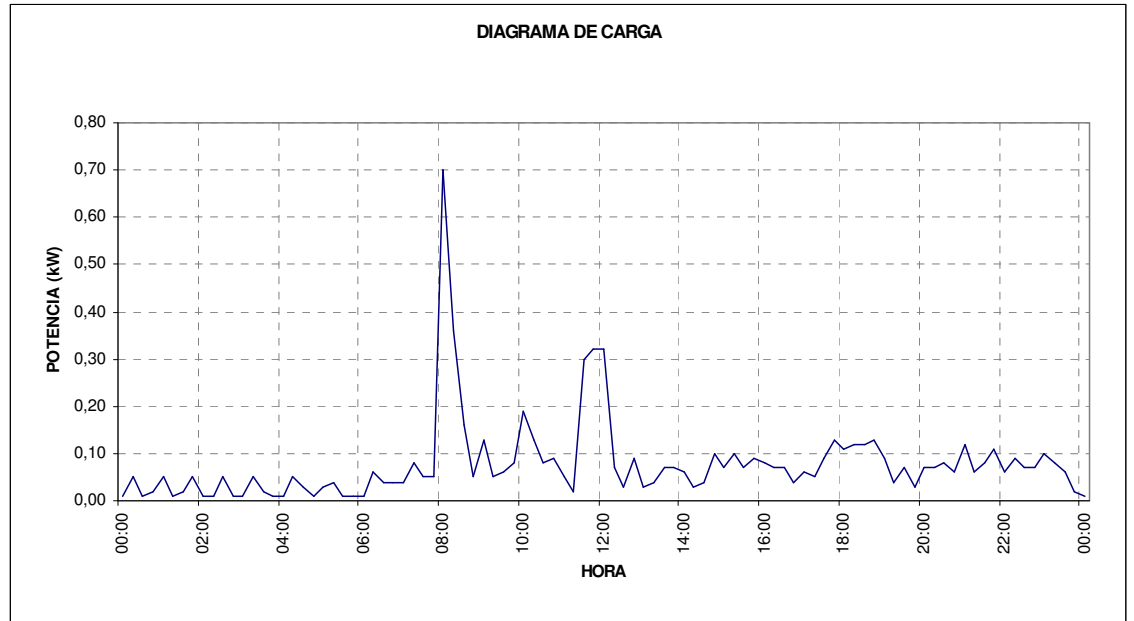
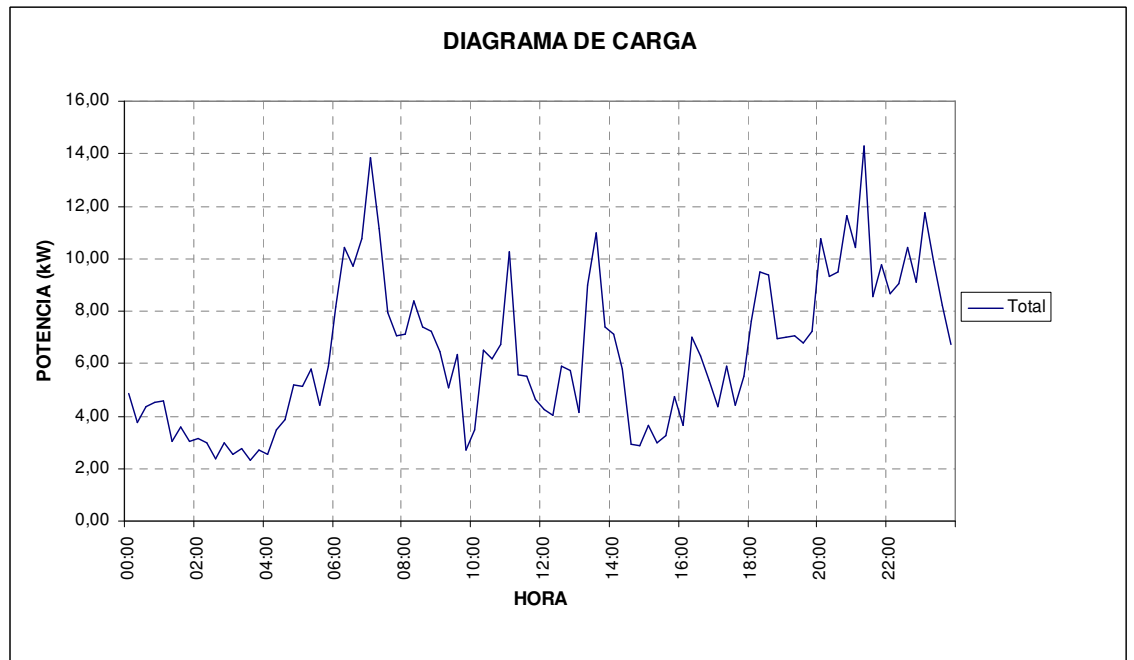
6.1.3. Diagrama de carga del alimentador principal de clientes

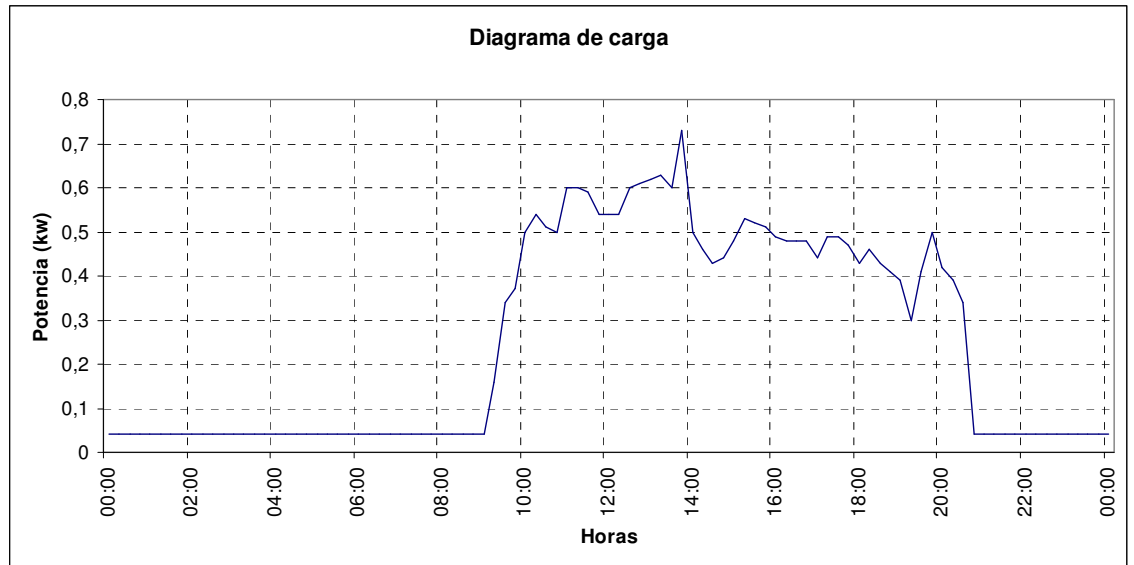
A continuación se muestran en diagramas de carga por cada zonificación urbana resultante de las mediciones efectuadas.

Buena Vista (R1) – Día laborable



Primavera (R2) – Día laborable**La Alborada (R3) – Día Laborable**

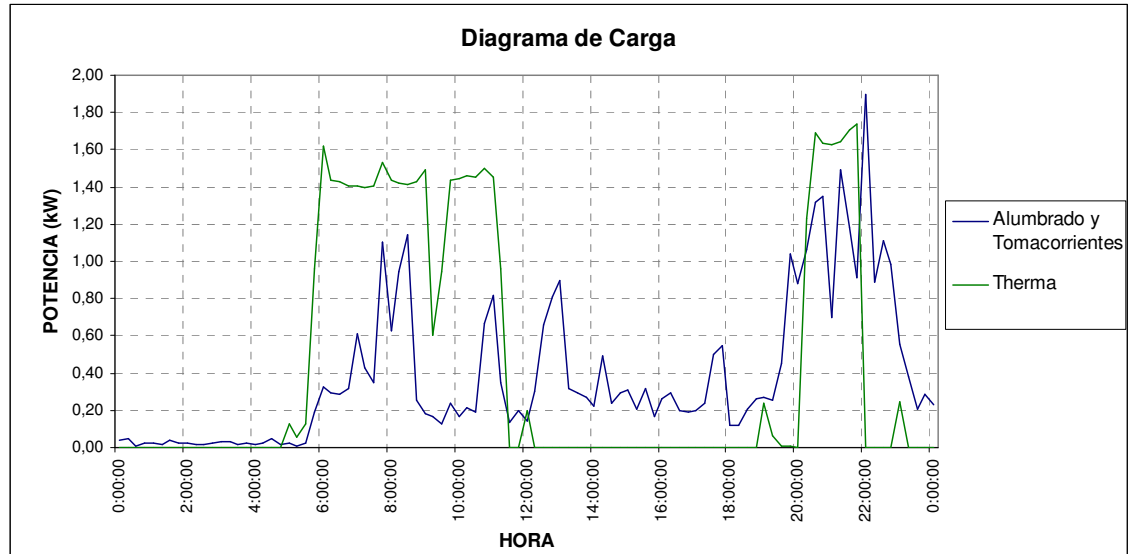
Pamplona (R4) – Día Laborable**Residencial Sucre (R5) Total del conjunto unifamiliar – Día Laborable**

Javier Prado (C) – Día Laborable

El detalle del registro se encuentra en el Anexo H para viviendas unifamiliares y Anexo J para el caso de la Oficina.

6.1.4. Diagrama de carga de los circuitos derivados

La Alborada



El detalle de los registros se mostrara en el Anexo K diagramas de carga por circuito derivado.

6.3. Análisis de resultados

Aspectos relevantes observados:

- Los diagramas de carga diario obtenidos en los registros efectuados en el tablero principal de las unidades de vivienda presentan “puntas” de demanda notoriamente elevadas y en diferentes horas del día. Estas “puntas” corresponden, de acuerdo a las encuestas y análisis efectuados a los circuitos derivados especiales. La cantidad de “puntas” depende del uso de los equipamientos de mayor potencia, tales como termas, duchas eléctricas, hornos eléctricos, microondas y secadoras de ropa.

Interpretación de los resultados:

- La magnitud de las “puntas” señalan la presencia de equipos de alta demanda y del uso de los mismos por periodos cortos, como las termas y hornos microondas. Por otro lado, es también notoria lo poco empinado de la curva durante las horas de funcionamiento de la iluminación interna, demostrando por lo menos en el grupo de clientes medidos, la influencia de las lámparas ahorradoras.
- El número de “puntas” indican la frecuencia de uso de los equipos de alta demanda. Esto depende tanto del número de personas en el hogar como de los hábitos de vida de las familias.
- La magnitud relativa entre las “puntas” expresan sobre todo en el caso de las termas “puntas muy afiladas” el tiempo de uso de las mismas. (siendo periodos relativamente cortos dependen de la coincidencia con el periodo de registro, en este caso fue de 15 minutos). Asimismo, pueden expresar el uso simultáneo de varios equipos de alta demanda.
- El área de las “puntas” depende del tipo de carga de alto consumo. Por ejemplo, las termas eléctricas de 80 litros tienen un área (consumo de energía) mayor que las del tipo “puntual-OVNI”.

VII. ESTUDIO DEL CASO ESPECIAL: VIVIENDAS MULTIFAMILIARES

7.1. Introducción

Como consecuencia del agotamiento de áreas de expansión urbana en la Ciudad de Lima y en las principales capitales de Departamentos; los conjuntos multifamiliares constituyen hoy, la alternativa de vivienda de mayor crecimiento para las principales ciudades del Perú y se convertirá en el futuro en los centros de consumo eléctrico de mayor impacto, en el sector residencial.

Por este motivo, consideramos de la mayor importancia tratar este caso especial.

7.2. Normativa Existente

Al igual que para todos los tipos de clientes residenciales, existen dos normas que regulan este caso:

1. Norma de Calificación Eléctrica (RM No 531-2004-MEM/DM) del 29.12.2004.
En esta Norma, se establece que la calificación eléctrica para habilitaciones de alta densidad poblacional, para viviendas Multifamiliares, es: 11 W/m² del área techada total, con un mínimo de 900 W por unidad de vivienda, para el Sector de Distribución Típico 1 y con un mínimo de 700 W por unidad de vivienda, para el sector de distribución típico 2.
2. Código Nacional de Electricidad - Utilización, en el cual se establecen los criterios y factores para determinar la Demanda Máxima del sistema de utilización correspondiente a todo tipo de edificación para vivienda.

Adicionalmente, existe el criterio de la empresa distribuidora para asignar la carga contratada para cada uno de las unidades de vivienda que conforman estos conjuntos habitacionales. La carga contratada se constituye, a partir de esta definición, en la Demanda Máxima por cliente para el dimensionamiento de las instalaciones del sistema de distribución.

7.3. Enfoque Conceptual

Los proyectos eléctricos para los sistemas de utilización en baja tensión de las unidades de vivienda que conforman estos conjuntos habitacionales son elaborados por profesionales que aplican los criterios y factores establecidos en el Código Nacional de Electricidad - Utilización, actualmente vigente, y son posteriormente aprobados por las municipalidades distritales correspondientes.

Tal vez este hecho lo hace más sensible, y lo diferencia de las unidades de vivienda unifamiliares. Estas últimas, en un alto porcentaje pueden realizar su construcción civil y desarrollar sus instalaciones eléctricas, incluso sin el requisito de los proyectos del sistema de utilización aprobados. Debemos recordar que las viviendas unifamiliares generalmente se construyen en zonas de expansión, donde se aplica directamente el concepto de calificación eléctrica, mientras que los conjuntos multifamiliares se pueden ubicar tanto en zonas de expansión como en zonas ya electrificadas, con cambio de zonificación. En este último caso, normalmente se aplica el CNE - Utilización y no la calificación eléctrica, a pesar de haberse establecido como de aplicación facultativa en el segundo párrafo del título Alcances en la Norma de calificación eléctrica, antes mencionada.

En resumen, la aplicación del CNE - Utilización es la predominante en este tipo de unidades de vivienda, y tal como se menciona en numeral 2.2 del presente estudio, los valores que resultan son muy altos comparados con las demandas reales encontrados. Esto evidentemente llevará a un sobre dimensionamiento innecesario de las instalaciones de distribución.

7.4. Análisis

a) Definición de escenarios

Para realizar el análisis correspondiente, definiremos dos escenarios:

ESCENARIO I.-

Aplicación del CNE - Utilización para la determinación de la Demanda Máxima de una unidad de vivienda típica, con los siguientes datos.

Área techada 75 M².

Dos dormitorios

Sala-comedor

Cocina

2 baños

La Demanda Máxima resultante es: 10 744 W.

ESCENARIO II.-

Aplicación de la calificación eléctrica, tal como lo establece, la RM No 531- 2004 - MEM/DM, es decir aplicando, la calificación eléctrica asignada a las Habitaciones de alta densidad poblacional, para viviendas multifamiliares, a un predio de las mismas características definidas para el Escenario I.

Calificación Eléctrica: 11 W/m² de área techada con un mínimo de 900 W por unidad de vivienda.

En este caso: 825 W, se aplica mínimo 900 W.

De acuerdo a lo indicado en la norma de calificación se aplicara el FS = 0,5.

La comparación de los dos escenarios con la situación real, obtenida por mediciones nos permitirá orientar a la alternativa de determinación de la Demanda Máxima más conveniente para este tipo de casos o tal vez a la necesidad de establecer algunos ajustes a las normas vigentes.

b) Descripción general del caso de estudio.

Conjunto Multifamiliar de 25 departamentos de 75 m²
Ubicado en la Av. Sucre N° 1061 - Magdalena

c) Desarrollo del análisis

ESCENARIO I

Aplicando los criterios y factores indicados en el Código Nacional de Electricidad - Utilización, obtenemos la Demanda Máxima teórica.

La Demanda Máxima del conjunto residencial, sin servicios generales, es:

$$DM = 9\,035\text{ W} * 25 * 0,5 = 112\,937,5\text{ W o } 112,938\text{ kW}$$

ESCENARIO II

Aplicación de la calificación eléctrica, como viviendas multifamiliares.

$$= 900\text{ W} * 25 * 0,5 = 11\,250\text{ W o } 11,25\text{ kW}.$$

Comparación:

La Demanda Máxima determinada para este conjunto multifamiliar, aplicando el CNE - Utilización es 10 veces mayor.

d) Determinación de la Demanda Máxima y del factor de Simultaneidad demanda por medición:

Para lograr este objetivo, se instaló un registrador en la caja toma del conjunto residencial y se registraron las cargas de todos los departamentos simultáneamente cada 15 minutos.

Los valores resultantes se muestran en el Anexo L.

A continuación se presenta un resumen de los resultados:

Resultados en la caja toma:

Demanda Máxima registrada (sin SSGG) 14.36 kW

En los siguientes gráficos se muestra el diagrama de carga de algunos departamentos y el total de este conjunto multifamiliar.

Diagrama N° 1 Departamento 101

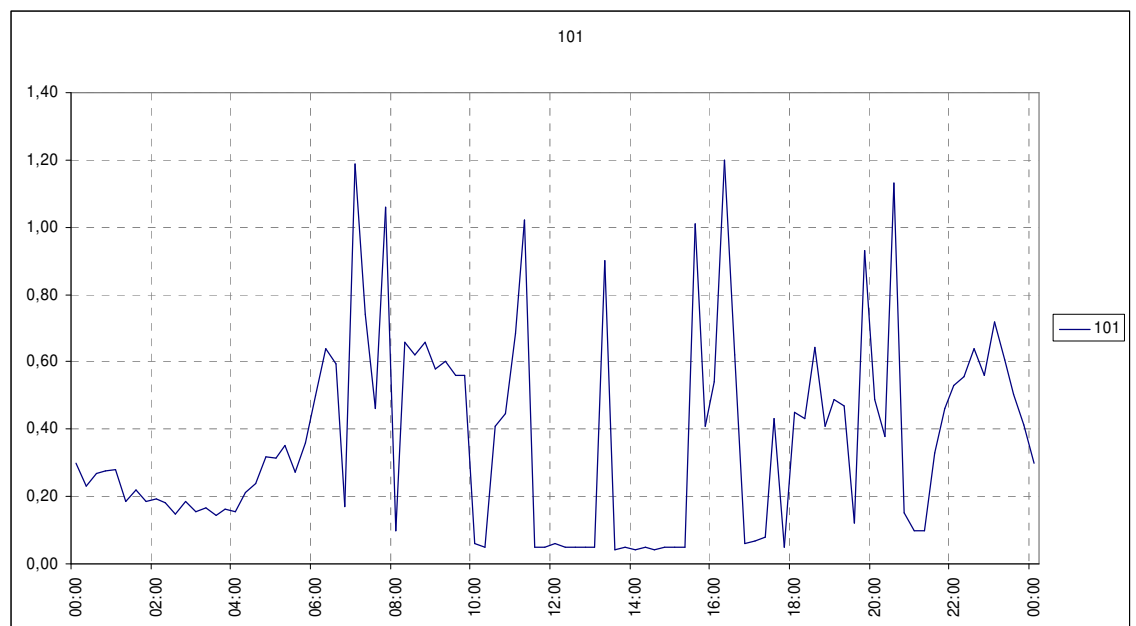


Diagrama N° 2 Departamentos 101 y 102

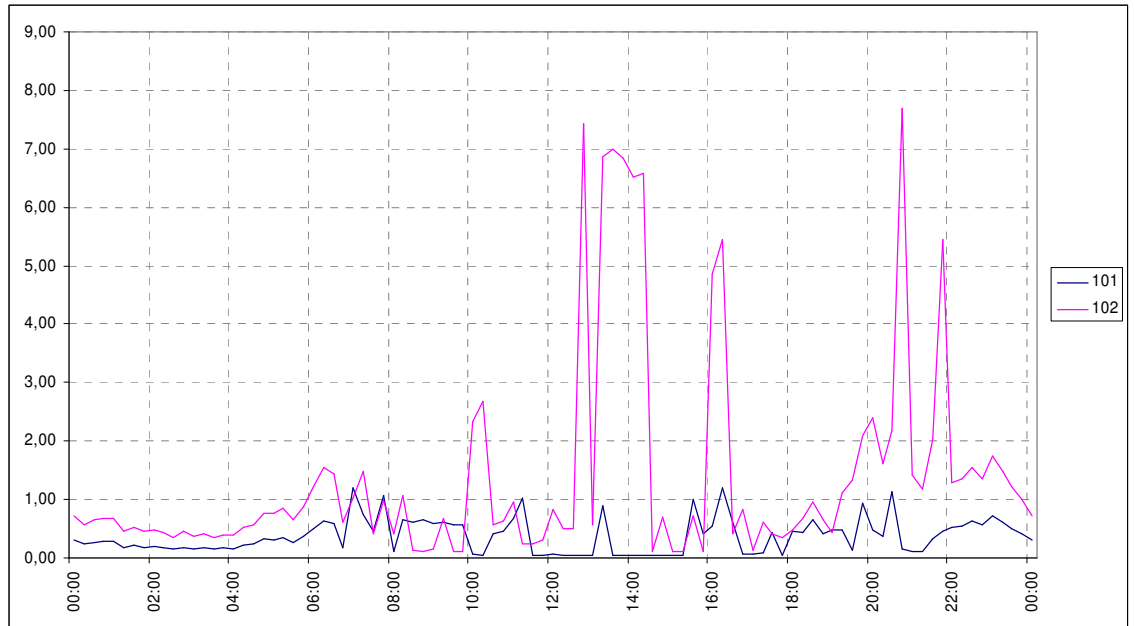


Diagrama N° 3 Departamentos 101,102 y 103

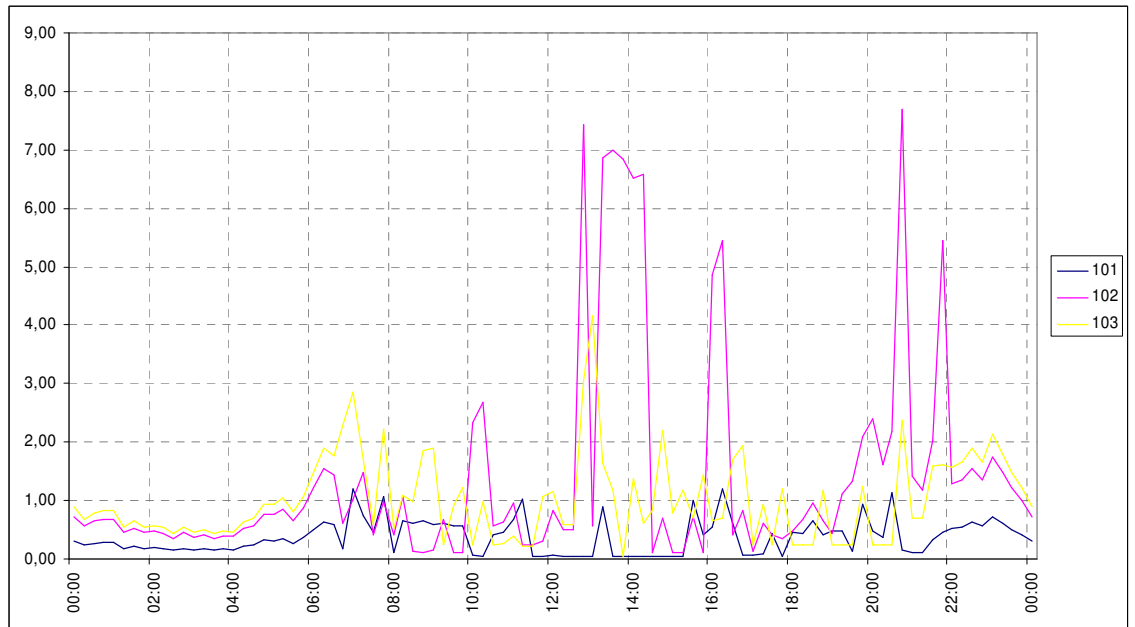


Diagrama N° 4 Total por departamentos

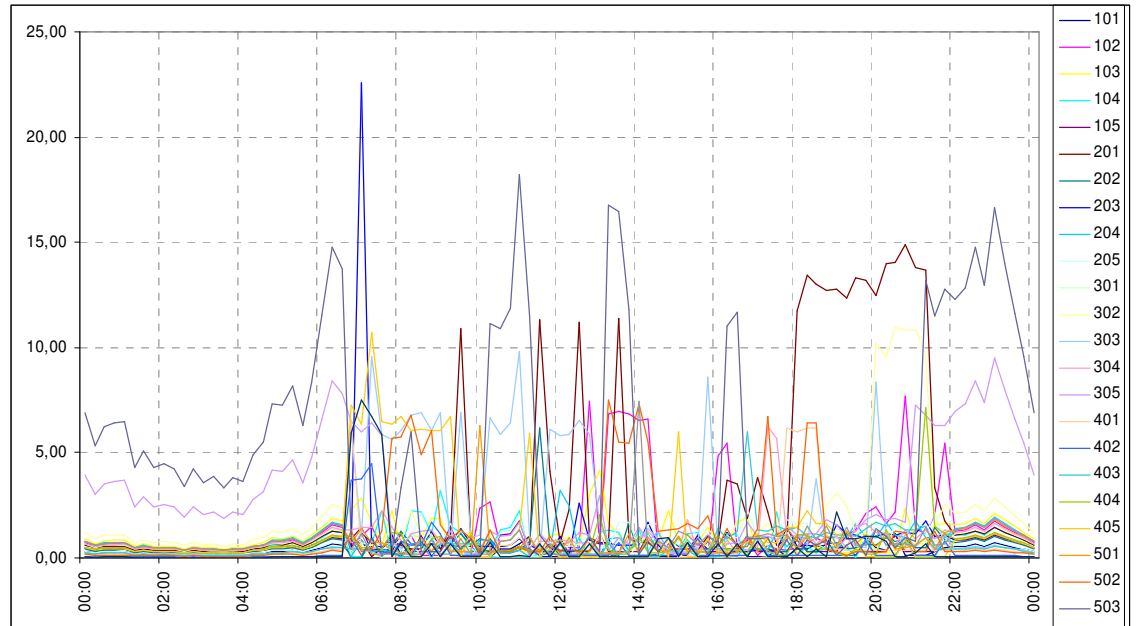
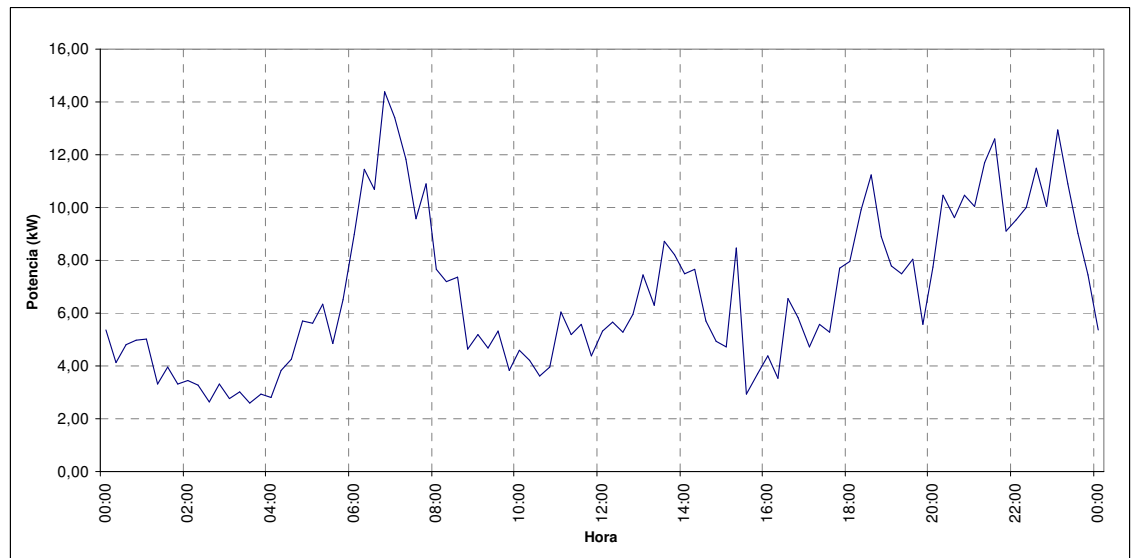


Diagrama N° 5 Diagrama Total de los departamentos



Resultados en los departamentos:

Dptos.	MD(kW)	E(kWh)	Hrs.uso
101	0.26	1.94	7.41
102	1.67	7.30	4.36
103	0.91	5.30	5.84
104	0.70	3.65	5.24
105	0.39	2.70	7.01
201	3.24	16.39	5.05
202	1.34	2.97	2.22
203	4.92	4.60	0.93
204	0.69	4.03	5.81
205	0.49	4.03	8.17
301	0.34	2.60	7.59
302	2.38	8.71	3.65
303	2.14	9.91	4.63
304	1.35	4.72	3.48
305	2.06	14.22	6.89
401	1.42	2.41	1.69
402	0.97	1.67	1.72
403	1.31	2.96	2.27
404	1.56	3.35	2.15
405	2.33	7.06	3.03
501	1.37	3.88	2.83
502	1.63	6.74	4.13
503	3.96	25.94	6.54
504	1.62	4.12	2.54
505	1.63	2.59	1.58
Total	40.70	153.79	
Promedio	1.63	6.15	4.27
Servicios Generales	1.89	7.62	4.02

Calculo del factor de simultaneidad:

FS = Demanda Máxima caja toma/ Sumatoria de demandas máximas de los departamentos

$$FS = 14,36 / 40,70$$

$$FS = 0,35$$

Resumen:

Potencia Real del Conjunto Multifamiliar: 14,36 kW .

Demanda Máxima por Departamento:

$$DM_{dpto} = \frac{DM_{caja\ toma} - D_{servicios\ generales}}{N^{\circ}\ Clientes \times FS}$$

Donde:

DM_{dpto} : Demanda Máxima por departamento

$DM_{caja\ toma}$: Demanda Máxima de la Caja Toma

$D_{servicios\ generales}$: Demanda de los Servicios generales en hora punta

$N^{\circ}\ Clientes$: Para este caso es de 25

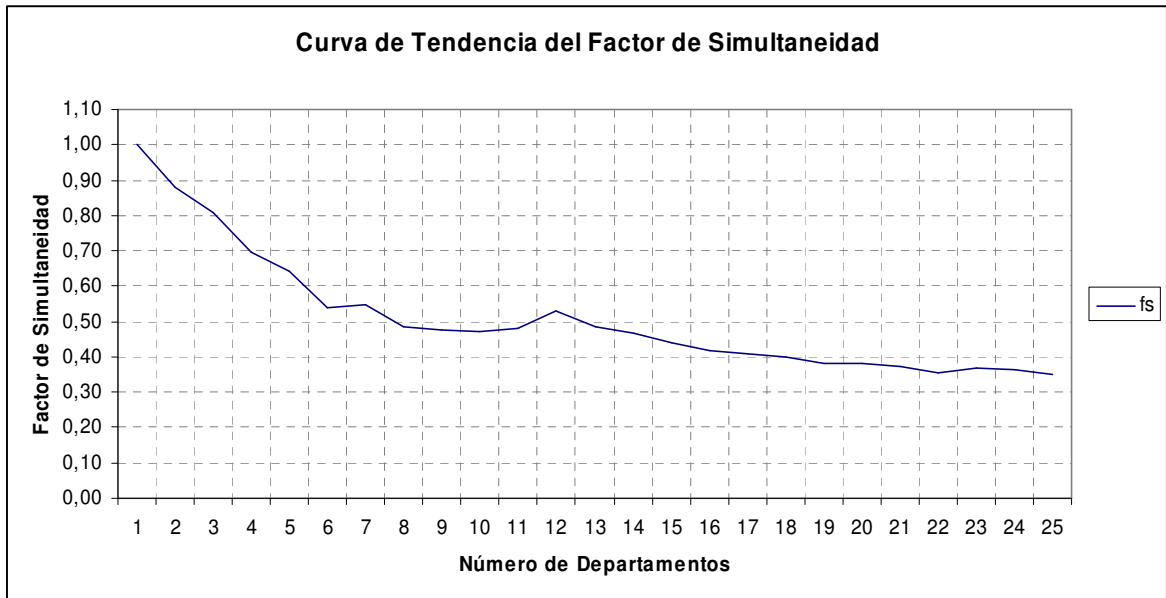
FS : Factor de simultaneidad.

Resultado: 1,64 kW por departamento.

b) Variabilidad del factor de simultaneidad

A continuación se muestra la variabilidad del factor de simultaneidad en función del número de viviendas.

N° Viviendas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
fs	1,00	0,88	0,81	0,69	0,64	0,54	0,55	0,49	0,48	0,47	0,48	0,53	0,48	0,47	0,44	0,42	0,41	0,40	0,38	0,38	0,37	0,36	0,37	0,36	0,35



7.5. Conclusiones

- i. La Demanda Máxima real de este conjunto residencial es de 27% mayor que la demanda teórica obtenida de aplicar la calificación eléctrica. Sin embargo, la Demanda Máxima obtenida aplicando el Código Nacional de Electricidad - Utilización, es mucho mayor que la Demanda Máxima real.
- ii. La Demanda Máxima por unidad de vivienda es 1,64 kW con un factor de simultaneidad variable. El mismo que para 25 viviendas es 0,35.

7.6. Recomendaciones

Teniendo en cuenta las conclusiones indicadas en el numeral anterior se recomienda para las unidades de vivienda multifamiliar lo siguiente:

- Tener en cuenta el impacto de los equipos eléctricos modernos en la determinación de la Demanda Máxima de este tipo de unidades de vivienda. Por ejemplo, existe la tendencia de sustituir las áreas de lavandería y tendales por sistemas de lavadora –secadora automática incorporadas.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 COMENTARIOS

- De acuerdo al análisis de la Normativa Nacional en lo referente al factor de demanda los valores se encuentran claramente definidos en el Código Nacional de Electricidad – Utilización.

Con respecto al factor de simultaneidad en la Norma DGE N° 001 –P-4-/1990 “Suministros Provisionales de Energía Eléctrica en Sistemas de Distribución” se dan valores de factor de simultaneidad con respecto al número de lotes para los suministros Colectivos. Se Adjunta esta Documento en el Anexo M.

8.2 CONCLUSIONES

- Según el análisis efectuado en el Capítulo II se concluye que en las normas internacionales es generalizado el uso de factor de simultaneidad variable en función inversa del número de viviendas involucradas. En algunos países se establece también el concepto de nivel de electrificación, el mismo que es función directa del nivel de demanda o del área promedio de las viviendas.
- Con relación a la metodología, para determinar los factores de simultaneidad y los factores de demanda se esta proponiendo seleccionar sistemas eléctricos por nivel de consumo, para ser estudiados y finalmente obtener una tabla nacional única de los factores de simultaneidad en función solamente del numero de clientes, que representan a todos los sistemas.

Para el caso de los factores de demanda, se utilizara los mismos casos seleccionados para el factor de simultaneidad, para determinar la muestra representativa.

Esta muestra deberá ser dinámica y su selección periódica, se propone realizar una actualización cada cuatro años, de modo que coincida con el periodo que establece la regulación tarifaria para los sistemas de distribución.

- Con relación a la determinación de los valores iniciales de factor de simultaneidad se confirma la existencia de una variabilidad de este factor en función inversa al número de viviendas involucradas.
- Estos valores de factores de simultaneidad y demanda tienen vital importancia para el calculo de la demanda maxima, por tanto tienen incidencia directamente sobre el costo economico de conexión a las redes de distribución, este costo es asumido con el consumidor a un valor establecido por el consesionario, al ser menor la potencia a contratar se recomienda tambien disminuir este costo, este criterio debera ser tomado en cuenta por las empresas concesionarias y por los entes reguladores. El cual tendra la tarea de elegir el valor mas adecuado de acuerdo a la potencia a solicitar y las facilidades tecnicas.

8.3 CONCLUSIÓN GENERAL

- Considerar los factores de simultaneidad de acuerdo al número de clientes como se muestra continuación:

Tabla 38:Factores de simultaneidad propuestos

Numero de viviendas	Factor de simultaneidad
1	1,0
2	0,9
3	0,8
4	0,7
5	0,6
6 – 10	0,5
11 – 20	0,44
21 – 30	0,42
31 – 40	0,40
41 – 50	0,38
51 – 100	0,30
101 – 200	0,30
200 a más	0,25

- Considerar los valores de factor de demanda siguientes:
 - Factor de demanda de las cargas básicas de 1,00
 - Factor de demanda de de cargas especiales de 1,00
 - Factor de demanda comercial de 1,00

La determinación de los valores finales de los factores de simultaneidad y demanda requieren que se desarrolle la metodología propuesta, que incluye mediciones a muestras representativas a nivel nacional.